



Thays de Souza Lima Fidalgo

Análise Diagenética dos Radiolários no Intervalo Cretáceo Superior  
(Maastrichtiano) - Paleoceno nas Bacias do Espírito Santo e Pelotas,  
Margem Continental Leste Brasileira

Trabalho de Conclusão de Curso

(Bacharelado em Geologia)

UFRJ  
Rio de Janeiro  
2009



Thays de Souza Lima Fidalgo

Análise Diagenética dos Radiolários no Intervalo Cretáceo Superior  
(Maastrichtiano) - Paleoceno nas Bacias do Espírito Santo e Pelotas,  
Margem Continental Leste Brasileira

Trabalho de Conclusão de Curso de  
Graduação em Geologia do Instituto de  
Geociências, Universidade Federal do  
Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado  
como requisito necessário para obtenção  
do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador(es):

João Graciano Mendonça Filho (UFRJ)  
Valesca Portilla Eilert (UFRJ)

Rio de Janeiro  
Maio de 2009

FIDALGO, Thays de Souza Lima  
Análise Diagenética dos Radiolários no Intervalo  
Cretáceo Superior (Maastrichtiano) – Paleoceno nas  
Bacias do Espírito Santo e Pelotas, Margem Continental  
Leste Brasileira / Thays de Souza Lima Fidalgo –  
Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo, 2009.x, p. : 84; 30cm  
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em  
Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro,  
Instituto de Geociências, Departamento de Geologia,  
2009.  
Orientador(es): João Graciano Mendonça Filho e  
Valesca Portilla Eilert.  
1.Geologia. 2. Paleontologia/Estratigrafia – Trabalho de  
Conclusão de Curso. I. João Graciano Mendonça Filho  
(UFRJ). II. Universidade Federal do Rio de Janeiro,  
Instituto de Geociências.

Thays de Souza Lima Fidalgo

Análise Diagenética dos Radiolários no Intervalo Cretáceo Superior  
(Maastrichtiano) - Paleoceno nas Bacias do Espírito Santo e Pelotas,  
Margem Continental Leste Brasileira

Trabalho de Conclusão de Curso de  
Graduação em Geologia do Instituto de  
Geociências, Universidade Federal do Rio  
de Janeiro – UFRJ, apresentado como  
requisito necessário para obtenção do grau  
de Bacharel em Geologia.

Orientador(es):  
João Graciano Mendonça Filho (UFRJ)  
Valesca Portilla Eilert (UFRJ)

Aprovada em: 08/05/2009

Por:

---

Orientador: João Graciano Mendonça Filho (UFRJ)

---

Orientadora: Valesca Portilla Eilert (UFRJ)

---

Marta Cláudia Viviers (BPA-CENPES/PETROBRAS)

---

Denize Santos Costa (BPA- CENPES/PETROBRAS)

Rio de Janeiro  
Maio de 2009

## **Agradecimentos**

A minha família pelo apoio permanente e incondicional.

À minha orientadora Prof. Dra. Valesca Portilla Eilert, que me ensinou a dar os primeiros passos na análise dos radiolários, pela sua orientação, extrema dedicação e paciência, e esclarecimentos em todo esse período de estudo.

Ao orientador Prof. Dr. João Graciano pelo auxílio técnico-científico, sem o qual este trabalho de conclusão de curso não se realizaria.

À geóloga Marta Claudia Viviers, coordenadora do projeto - Aplicação da Bioestratigrafia de Radiolários ao Refinamento Estratigráfico do Cretáceo e Paleógeno nas Bacias Brasileiras - e ao geólogo Oscar Strohschoen Junior, da gerência de Bioestratigrafia e Paleoecologia (BPA/CENPES/PETROBRAS) por possibilitarem a realização do estudo, bem como a divulgação dos resultados das análises do mesmo.

Ao técnico químico de petróleo Rogério da Silva Martins da Costa, responsável pelo Lab.MEV-BPA CENPES/PETROBRAS, por ter realizado as análises morfológicas por elétrons secundários e retroespalhados e microanálises por energia dispersiva de raios-x.

Aos meus amigos de trabalho (Dandara David Braga, Mário Martins Ramos e Mauro Gussane Benedicto Junior) pela extrema atenção, dedicação e muita paciência na lupa para a classificação taxonômica dos radiolários, discussões sobre bibliografia, formato de texto, figuras, tabelas e estampas.

A Fundação COPPETEC pela concessão da bolsa de Iniciação Científica, e suporte financeiro durante o desenvolvimento do projeto.

## Resumo

FIDALGO, Thays de Souza Lima. Análise Diagenética dos Radiolários no Intervalo Cretáceo Superior (Maastrichtiano) - Paleoceno nas Bacias do Espírito Santo e Pelotas, Margem Continental Leste Brasileira. 2009. x, 84 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Radiolários são encontrados como fósseis em diversos tipos de rochas sedimentares em função da preservação dos esqueletos formados por sílica amorfa hidratada-opala ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ). Estas rochas podem ser tanto silicosas (radiolaritos, *cherts*, folhelhos) quanto carbonáticas (calcários e margas). Os processos diagenéticos que comumente atuam nos sedimentos marinhos e alteram os esqueletos dos radiolários referem-se (1) à dissolução (parcial ou total), (2) à substituição química e (3) à recristalização. A evolução diagenética dos depósitos silicosos é determinada pelas alterações na composição mineralógica que ocorrem a partir do aumento da pressão e temperatura, bem como através da percolação de fluidos intersticiais. Estudos de radiolários são importantes especialmente em depósitos de águas marinhas profundas e ultraprofundas, pois seus esqueletos de opala não são afetados pela batimetria e, portanto, podem ocorrer além da profundidade de compensação do carbonato de cálcio (CCD). Esta característica possibilita a sua preservação em áreas onde os microfósseis calcários são raros ou não se preservam. A presente pesquisa objetivou analisar os diferentes graus de preservação e reconhecer os tipos de alterações diagenéticas dos esqueletos dos radiolários encontrados no intervalo do Cretáceo Superior (Maastrichtiano) ao Paleoceno em dois poços perfurados nas bacias do Espírito Santo e Pelotas. As microanálises dos elementos químicos foram realizadas através de um Detector de Energia Dispersiva de Raios-X (EDS), sendo evidenciadas alterações diagenéticas em todos os esqueletos dos exemplares selecionados para estudo. Nos indivíduos o elemento presente em maior concentração é o silício. Alguns esqueletos apresentaram indícios de substituição, devido ao registro dos elementos Al, Ca, C, Fe, Mg, Na, Mn, K, Cl, S, Ti, embora em valores baixos. A identificação de Mg, Ca, Na, Al e K nas análises efetuadas, também pode ser explicada através da presença, como elementos traço, na composição original das paredes dos esqueletos dos radiolários. Ou pela contaminação por argilo-minerais, que poderiam estar aderidos à parede dos radiolários que não foram eliminados durante a preparação das amostras. Além disso, foi identificada uma alta concentração de  $\text{FeS}_2$  em um dos exemplares analisados, indicando uma possível substituição, comprovada pela ocorrência de pirita framboidal no mesmo exemplar. Outro processo diagenético identificado foi o de recristalização, que ocorreu na maior parte dos exemplares analisados. Foi evidenciado pelas altas taxas de silício registradas nos espectrogramas e confirmado pelas altas porcentagens peso de  $\text{SiO}_2$ . As microanálises químicas realizadas no EDS permitiram identificar a composição química possibilitando reconhecer as alterações dos esqueletos originais. No entanto, não são suficientes para que se possam entender todas as etapas do processo diagenético de recristalização. Diante do interesse desse estudo para trabalhos futuros, sobre os processos diagenéticos que atuam em rochas ricas em radiolários, sugere-se a realização de análises em difratometria de raios-X. Este estudo permitirá identificar todas as etapas de transformação diagenética a partir da fase instável da sílica biogênica (opala A) seguindo os próximos estágios (opala A', opala CT) até a fase estável de quartzo. Nos estudos dos processos diagenéticos das rochas reservatório é sumamente importante o reconhecimento de todos os fatores que atuaram ou influenciaram na porosidade e permeabilidade desses intervalos. **Palavras-chave: radiolários; sílica; diagenese; bacia do Espírito Santo; bacia de Pelotas; Maastrichtiano-Daniano.**

## Abstract

FIDALGO, Thays de Souza Lima. The Diagenetic Analysis of Radiolarians in the Late Cretaceous (Maastrichtian) - Paleocene interval in the Espírito Santo and Pelotas basins of eastern Brazilian Continental Margin. 2009. x, 84 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Radiolarians can be found as fossils due to the preservation of their skeletons composed by amorphous hydrated silica – opal ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) in several types of sedimentary rocks. These rocks can be of siliceous nature (radiolarites, cherts and shales) as well as calcareous (carbonates and marls). The diagenetic processes which normally take place in the surface marine sediments and are responsible for the changes in the radiolarian skeletons are (1) dissolution (partial or total), (2) chemical replacement and (3) recrystallization. The diagenetic evolution of siliceous deposits results from changes in the mineralogical composition that occurs due to the increasing pressure and temperature, as well as through the percolation of interstitial fluids. Radiolarians studies are relevant, especially in deposits from deep and ultra-deep marine waters, since their opaline skeletons are not affected by the increasing bathymetry and can surpass the calcium carbonate compensation depth - CCD. This characteristic enables the deposition and reservation of siliceous skeletons in areas where the calcareous microfossils are rare or even not preserved. This investigation aimed to analyse the diverse degrees of preservation and to recognize the types of diagenetic changes undergone by the radiolarians skeletons from the Maastrichtian to the Paleocene interval in two wells drilled in the Espírito Santo and Pelotas basins. The microanalyses of chemical elements were made by Energy-Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS) that identified diagenetic changes in all skeletons of the specimens selected for this study. Some evidence of replacement was presented in the skeletons due to the registry of chemical elements such as Al, Ca, C, Fe, Mg, Na, Mn, K, Cl, S and Ti, although in low values. In the same specimens, the element that shows the highest concentration is the silicium. The identification of Mg, Ca, Na, Al and K can also be explained by the normal presence of them as trace elements in the original composition of the radiolarians skeletons walls. Another possible interpretation is the contamination by the clay minerals which have not been eliminated during sample processing and could be adhered to the skeletons. A high concentration of  $\text{FeS}_2$  was also identified in one of the studied samples, indicating a possible replacement by pyrite. The result of this analysis was confirmed by the observation of structures with the morphology of framboidal pyrite. Another diagenetic process identified was recrystallization, which occurs in most of the specimens. It was evidenced by the high silicium rates registered in the spectrogram and confirmed by the high percentages weight of  $\text{SiO}_2$ . The microanalysis carried out in the EDS helped to identify the chemical composition allowing to recognize the diagenetic changes of the original skeletons. However, it is not sufficient to understand the whole stages of silica recrystallization that represents the complete diagenetic process. Considering the interest of this study for future investigations, analysis through X-rays diffraction can be suggested in order to identify the transformations from the unstable biogenic silica (opal A) to the next stages (opal A', opal CT) up to the stable phase of quartz. **Key-Words: radiolarians; silica; diagenesis; Espírito Santo basin; Pelotas basin; Maastrichtian-Danian.**

## Lista de Figuras

Figura 1 - Localização da Bacia do Espírito Santo (SIGEO/PETROBRAS).....	3
Figura 2 - Carta estratigráfica – Bacia do Espírito Santo (modificado de França <i>et al.</i> , 2007) .....	4
Figura 3 - Localização – Bacia de Pelotas (SIGEO/PETROBRAS).....	5
Figura 4 - Carta estratigráfica – Bacia de Pelotas (modificado de Bueno <i>et al.</i> , 2007) .....	6
Figura 5 - Perfil litológico do Poço 11. Em destaque a seção estudada (3684m - 3432m).....	9
Figura 6 - Perfil litológico do Poço 12 (3804m até 3102m).....	10
Figura 7 - Microscópio eletrônico de varredura – MEV com EDX acoplado .....	13
Figura 8 - Distribuição estratigráfica e bioestratigrafia no Poço 11 – Bacia do Espírito Santo .....	17
Figura 9 - Distribuição estratigráfica e bioestratigrafia no Poço 12 – Bacia de Pelotas.....	18
Figura 10 - Litologia e análise quantitativa dos radiolários no poço 11.....	20
Figura 11 - Litologia e análise quantitativa dos radiolários no poço 12.....	21



## Lista de Quadros

Quadro 1 – Relação entre a litologia das amostras do Poço 11 e o grau de preservação inferido dos exemplares de radiolários.....	22
Quadro 2 – Relação entre a litologia das amostras do Poço 12 e o grau de preservação inferido dos exemplares de radiolários.....	22
Quadro 3 – Relação entre litologia das amostras do Poço 11, grau de preservação inferido, composição química e alterações diagenéticas dos exemplares de radiolários.....	23
Quadro 4 – Relação entre litologia das amostras do Poço 12, grau de preservação inferido, composição química e alterações diagenéticas dos exemplares de radiolários.....	23

## Sumário

Agradecimentos .....	iv
Resumo .....	v
Abstract .....	vi
Lista de Figuras .....	vii
Lista de Quadros .....	viii
1 Introdução .....	1
2 Objetivo .....	2
3 Justificativa do Estudo .....	2
4 Geologia Regional .....	3
4.1 Bacia do Espírito Santo .....	3
4.2 Bacia de Pelotas .....	5
5 Radiolários .....	7
5.1 Composição química original .....	7
5.2 Diagênese – Alterações da Sílica Biogênica .....	7
5.2.1 Dissolução .....	7
5.2.2 Recristalização .....	8
5.2.3 Substituição .....	8
6 Material e Método de estudo .....	9
6.1 Material de estudo .....	9
6.1.1 Bacia do Espírito Santo – Poço 11 .....	9
6.1.2 Bacia de Pelotas – Poço 12 .....	10
6.2 Método de estudo .....	11
6.2.1 Análises micropaleontológicas .....	11
6.2.1.1 Análise quantitativa, sistemática e bioestratigráfica .....	11
6.2.2 Análises químicas (EDS) e preparação de material .....	12
6.2.2.1 Seleção do material para análise .....	12
6.2.2.2 Preparação do material e procedimentos para as análises .....	13
7 Resultados .....	14
7.1 Análise sistemática .....	14
7.1.1 Lista de táxons – Poço 11 .....	14
7.1.2 Lista de táxons – Poço 12 .....	15
7.2 Análise bioestratigráfica .....	16
7.3 Análise quantitativa .....	19
7.4 Avaliação qualitativa da preservação .....	22
7.5 Análises químicas .....	23
7.6 Descrição das análises químicas .....	24
7.6.1 Amostra 3684 – Poço 11 (exemplar 1) .....	24
7.6.2 Amostra 3684 – Poço 11 (exemplar 2) .....	26
7.6.3 Amostra 3684 – Poço 11 (exemplar 3) .....	28
7.6.4 Amostra 3684 – Poço 11 (exemplar 4) .....	30
7.6.5 Amostra 3648 – Poço 11 (exemplar 5) .....	33
7.6.6 Amostra 3639 – Poço 11 (exemplar 6) .....	36
7.6.7 Amostra 3639 – Poço 11 (exemplar 7) .....	38
7.6.8 Amostra 3639 – Poço 11 (exemplar 8) .....	41
7.6.8.1 Detalhe da foto 8-B .....	43
7.6.9 Amostra 3576 – Poço 11 (exemplar 9) .....	46
7.6.10 Amostra 3579 – Poço 11 (exemplar 10) .....	48
7.6.11 Amostra 3567 – Poço 11 (exemplar 11) .....	50
7.6.12 Amostra 3567 – Poço 11 (exemplar 12) .....	52
7.6.13 Amostra 3486 – Poço 11 (exemplar 13) .....	54
7.6.14 Amostra 3804 – Poço 12 (exemplar 14) .....	57
7.6.15 Amostra 3804 – Poço 12 (exemplar 15) .....	59
7.6.16 Amostra 3804 – Poço 12 (exemplar 16) .....	60

7.6.17 Amostra 3687 – Poço 12 (exemplar 17)	62
7.6.17.1 Detalhe da foto 17-B	63
7.6.18 Amostra 3687 – Poço 12 (exemplar 18)	65
7.6.19 Amostra 3336 – Poço 12 (exemplar 19)	67
8 Conclusões	69
9 Bibliografia Citada	70
10 Bibliografia Consultada	72

Apêndice - Estampas

## 1 INTRODUÇÃO

A preservação dos radiolários nas rochas depende de vários processos diagenéticos que podem resultar na substituição ou na recristalização dos seus esqueletos silicosos.

Os radiolários são microorganismos protistas unicelulares, com dimensões variando de 0,05 a 0,25mm, em média. Vivem isoladamente ou formando colônias no ambiente marinho, apresentando hábito holoplanctônico. Apresentam uma ampla distribuição geográfica podendo ser encontrados desde a região equatorial até regiões polares, e desde a superfície até as profundidades abissais dos mares e oceanos. Representam um dos poucos grupos de organismos microplanctônicos que possui longo registro geológico, ocorrendo em todo Fanerozóico, pois datam desde o Cambriano médio até os dias atuais, sendo assim, importantes fósseis guias para todos os períodos geológicos.

De acordo com De Wever, *et al.* (2001) os radiolários pertencem à classe Actinopoda, subclasse Radiolaria subdividindo em duas superordens: Polycystina e Phaeodaria, cujos esqueletos são constituídos, respectivamente, por sílica amorfa hidratada-opala ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) e opala associada à matéria orgânica. A maior parte dos radiolários encontrados como fósseis pertencem à superordem Polycystina, em função da melhor preservação dos esqueletos formados exclusivamente por sílica.

Esqueletos de radiolários são encontrados em diversos tipos de rochas sedimentares tanto silicosas (radiolaritos, *cherts*, folhelhos) quanto carbonáticas (calcários e margas). Sua presença nestas rochas está diretamente relacionada à ocorrência abundante de opala biogênica, para a qual existe um ambiente de deposição favorável sobretudo em áreas de ressurgência com alta produtividade planctônica. O estado de preservação dos esqueletos é resultado da atuação de diversos fatores que ocorrem durante o transporte ao longo da coluna d'água, prosseguindo durante a sedimentação e soterramento, que pode resultar na total ou parcial dissolução dos esqueletos. Além disso, outros processos diagenéticos que atuam após a deposição são capazes de alterar tanto as associações de radiolários quanto a fração não biogênica constituinte dos sedimentos nos quais esses organismos estão incluídos.

Os principais tipos de depósitos ricos em radiolários são folhelhos silicosos, siltitos, *cherts*, carbonatos e arenitos muito finos. Os processos diagenéticos que comumente atuam nesse tipo de rocha e alteram os esqueletos dos radiolários referem-se a: (1) dissolução parcial ou total dos esqueletos (2) substituição química e (3) recristalização. A evolução diagenética dos depósitos ricos em sílica é influenciada tanto pela composição mineralógica, incluindo as frações silicosas, calcárias ou outras frações do sedimento, quanto pelas alterações na temperatura e pressão e atuação dos fluidos intersticiais.

Pesquisas com radiolários são importantes especialmente em depósitos de águas profundas e ultraprofundas (acima de 2000m), pois seus esqueletos de opala ultrapassam a profundidade de compensação do carbonato de cálcio (CCD / 4000m - 5000m), possibilitando a sua deposição em áreas onde os microfósseis carbonáticos são raros ou não se preservam. Portanto, os estudos com base em radiolários, especialmente nas áreas de bioestratigrafia, paleoecologia, paleoceanografia, tectônica, entre outras, vem sendo aplicados com bons resultados na análise das regiões mais distais das bacias sedimentares.

## 2 OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo principal analisar os diferentes graus de preservação e reconhecer as alterações diagenéticas (substituição ou recristalização) dos esqueletos dos radiolários encontrados nos intervalos do Maastrichtiano e Paleoceno nas bacias do Espírito Santo e Pelotas. Este trabalho refere-se à identificação dos tipos de processos diagenéticos atuantes nos radiolários. A origem e detalhe dessas variações será objeto de futuros estudos.

## 3 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

Inicialmente, o objetivo deste trabalho foi estabelecer a bioestratigrafia com base em radiolários nas bacias do Espírito Santo e Pelotas – como parte do projeto: *Aplicação da Bioestratigrafia de Radiolários ao Refinamento Estratigráfico do Cretáceo e Paleógeno nas Bacias Brasileiras* (UFRJ – BPA/CENPES/PETROBRAS). Ao longo desse estudo verificaram-se variações quanto à preservação dos radiolários em várias seções dos poços estudados, mais especificamente em intervalos do Maastrichtiano e do Paleoceno, nos quais as alterações na preservação foram mais evidentes.

Observa-se, que em estudos realizados em diversas áreas geográficas (Hollis, 1993), o limite Maastrichtiano-Daniano não tem sido bem definido com base em radiolários, devido a má preservação dos microfósseis encontrados, podendo-se mencionar como causas dessas raras ocorrências as modificações ambientais e extinções em massa que atingiram os organismos marinhos em todos os oceanos ao final do Mesozóico.

A partir dessas observações (variações na preservação dos radiolários das seções Maastrichtiano e Paleoceno das bacias brasileiras, e dificuldade também encontrada no estudo dos radiolários na passagem Maastrichtiano-Daniano em outras áreas) surgiu o interesse em estudar os esqueletos de radiolários das bacias marginais brasileiras objetivando reconhecer o tipo de alteração diagenética para entender melhor as causas dessas variações. O estudo foi realizado através da microanálise da composição química dos esqueletos de cada exemplar selecionado utilizando o Detector de Energia Dispersiva de Raios-X (EDS), com a finalidade de obter resultados que permitissem identificar os tipos de processos diagenéticos responsáveis pela preservação dos mesmos.

## 4 GEOLOGIA REGIONAL

### 4.1 Bacia do Espírito Santo

A Bacia do Espírito Santo está situada na margem continental leste brasileira, entre os paralelos 18°20' e 21°00'S, no Estado do Espírito Santo (Fig 1). Sua área prospectável correspondente é de cerca de 41.500km<sup>2</sup>, dos quais aproximadamente 3.000 km<sup>2</sup> refere-se à parte emersa (França, *et al.*, 2007).

Está delimitada ao sul com a Bacia de Campos (Alto de Vitória), pelo embasamento cristalino a oeste, e pelo complexo vulcânico de Abrolhos a leste e, ao norte, com a Bacia de Mucuri que corresponde ao prolongamento costa afora da divisa entre os estados do Espírito Santo e Bahia (França, *et al.*, *op.cit*)

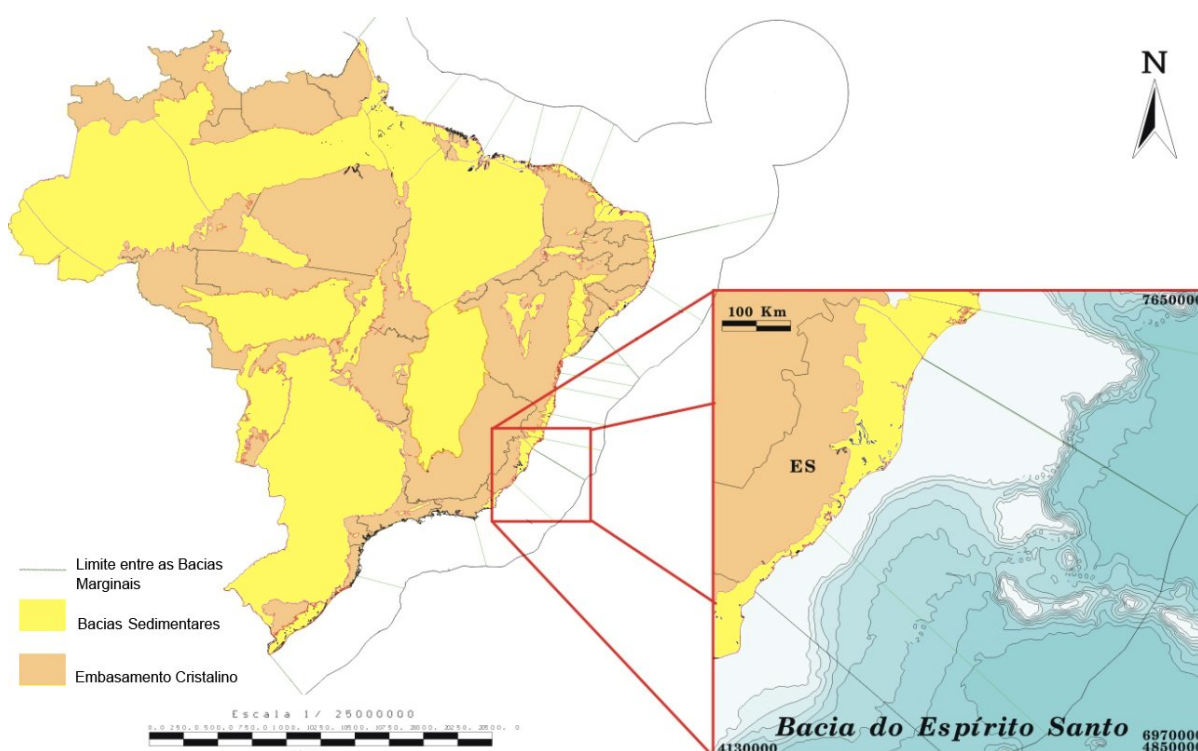


Figura 1 - Localização da Bacia do Espírito Santo (SIGEO/PETROBRAS)

Essa bacia se instalou durante o Neocomiano, em consequência da ruptura do Gondwana e separação das placas sul-americana e africana (França, *et al.*, *op.cit*).

O trabalho aqui apresentado tem como enfoque as amostras do Cretáceo Superior (Maastrichtiano) e o Paleoceno. Nesse intervalo (Fig 2), o material é proveniente da Formação Urucutuca, do grupo Espírito Santo.

A Formação Urucutuca, nas porções mais distais e profundas da bacia, é composta essencialmente por folhelhos e arenitos turbidíticos e secundariamente por margas, conforme apresentado por França, *et al.* (2007).



## 4.2 Bacia de Pelotas

A Bacia de Pelotas é a mais meridional na costa brasileira e está localizada no extremo sul da margem continental. Está limitada ao norte pela latitude 28°00'S, situando-se geologicamente entre o Alto de Florianópolis (limite com a Bacia de Santos) e ao sul pelo Alto de Polônio na plataforma continental uruguaia (Bueno, *et al.*, 2007) (Fig. 3).

Essa bacia tem direção geral NE-SW e abrange uma área de 210.000 Km<sup>2</sup> entre a costa e a cota batimétrica de 2.000m.

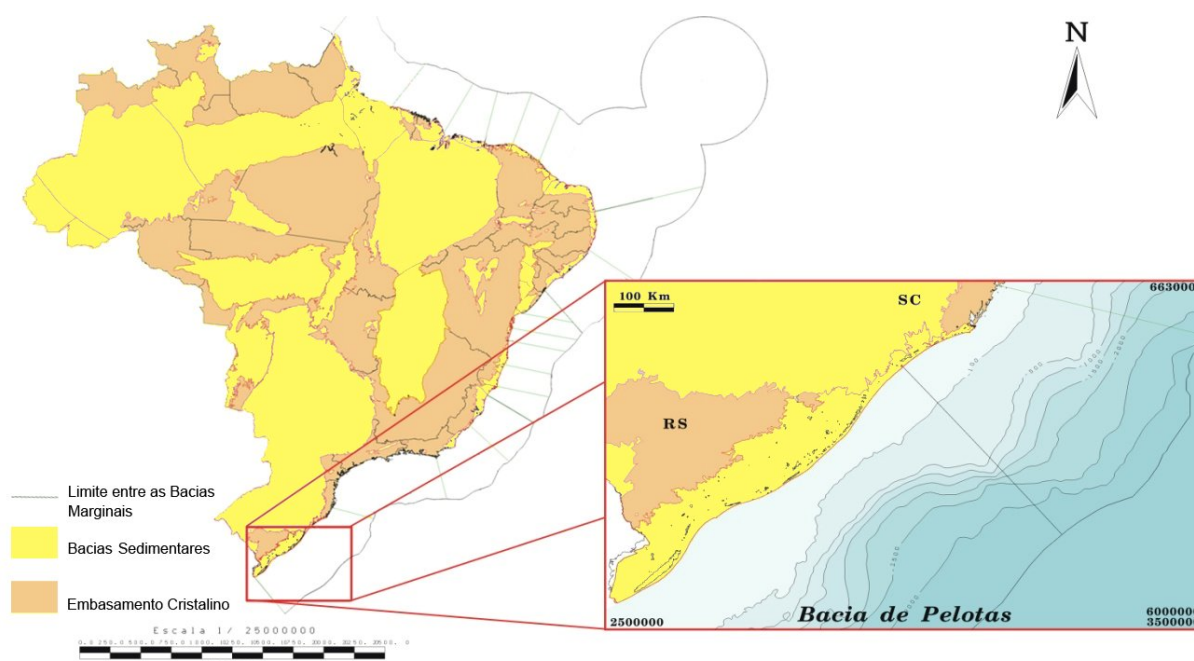
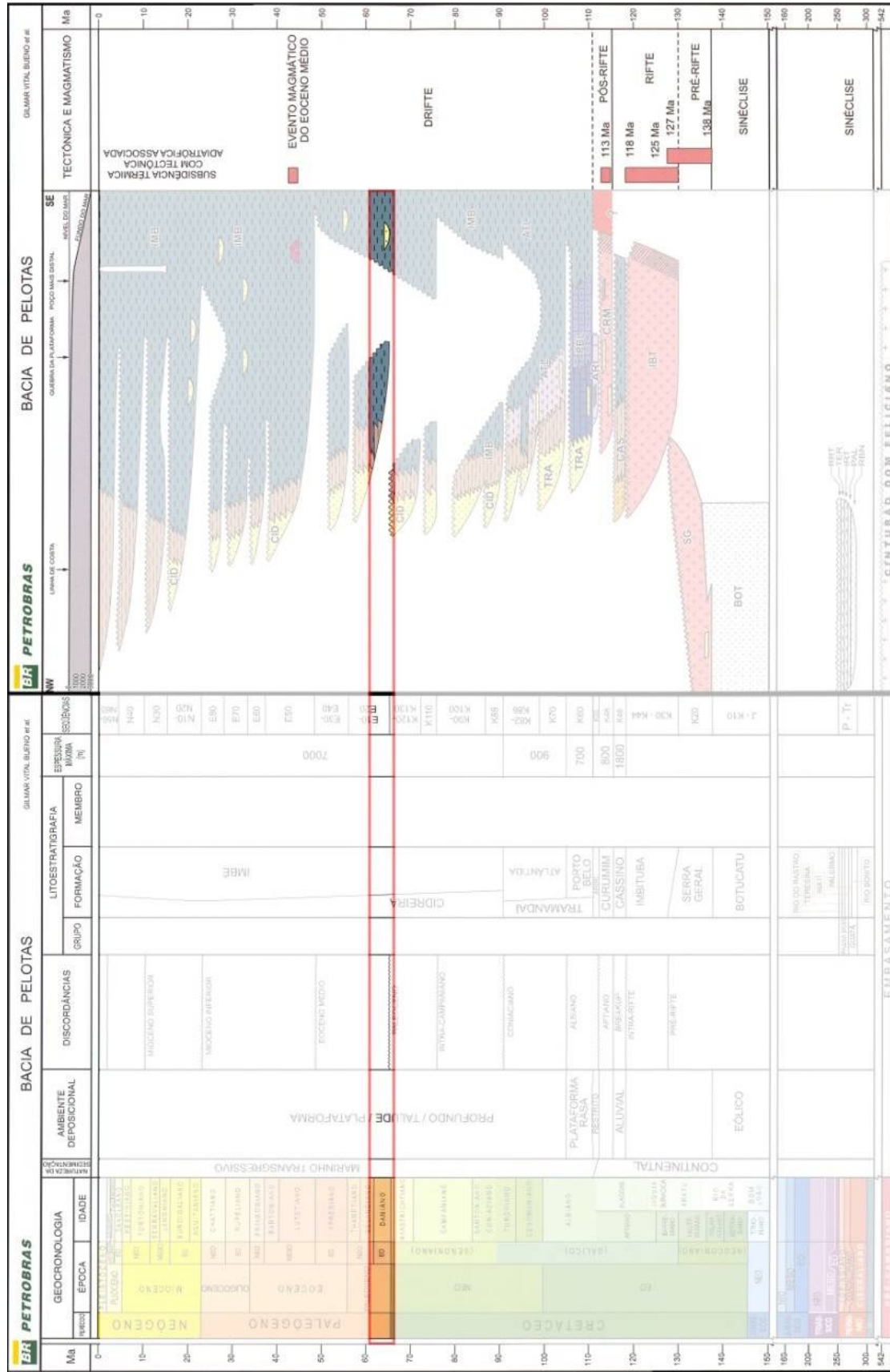


Figura 3 - Localização – Bacia de Pelotas (SIGEO/PETROBRAS)

O presente trabalho tem como base as análises de radiolários da seção do Paleoceno Inferior, correspondente aos folhelhos e siltitos com intercalações de arenitos turbidíticos da Formação Imbé, depositados em ambientes marinhos profundos, conforme Bueno, *et al.*, 2007 (Fig.4).





## 5 RADIOLÁRIOS

### 5.1 Composição química original

A maior parte dos radiolários apresenta uma estrutura inorgânica, denominada mais comumente de esqueleto que, quando preserva-se após passar por todos os processos tafonômicos, constitui-se no único elemento de estudo para os micropaleontólogos.

Os esqueletos dos radiolários (Polycystina) são constituídos por sílica hidratada ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  - opala), que apresenta-se amorfa, quando analisada por difratometria de Raio - X. Nos organismos ainda vivos, os esqueletos são totalmente revestidos pelo citoplasma, o que impede a dissolução dos mesmos no contato direto com a água do mar.

A opala biogênica é instável e sofre uma série de transformações, podendo ser recristalizada e manter a mesma composição química original ( $\text{SiO}_2$ ), ou substituída por  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{FeS}_2$ , etc.

### 5.2 Diagênese – Alterações da Sílica Biogênica

As alterações que ocorrem após a morte dos radiolários e que afetam o esqueleto, tais como dissolução na coluna d'água, na interface sedimento-água, nos sedimentos superficiais e na diagênese, podem ser tão intensas que a possibilidade de um esqueleto ficar preservado no registro geológico é muito rara.

Após a deposição e o soterramento dos esqueletos nos sedimentos do fundo oceânico, diversos fatores, tais como: pressão, temperatura, compactação e fluidos intersticiais, podem ocasionar a dissolução, recristalização e substituição dos esqueletos.

#### 5.2.1 Dissolução

Em águas marinhas subsaturadas em sílcio, a sílica biogênica pode ser dissolvida em todas as profundidades na coluna d'água e na interface sedimento-água. Nesse tipo de ambiente os endoesqueletos dos radiolários tendem a iniciar o processo de dissolução logo após o início da degeneração do citoplasma que os envolve. Atualmente sabe-se que a dissolução da sílica biogênica tende a ser mais intensa nas camadas superiores do oceano (em torno de 0-200m), porém não existe registro de alguma profundidade abaixo da qual toda a sílica esteja dissolvida. Acredita-se que a dissolução dos radiolários continue abaixo da interface sedimento-água, quando a concentração de sílica nas águas intersticiais for baixa. Porém é mais provável que a maior parte do processo ocorra na interface sedimento-água, quando os esqueletos estiverem expostos a águas subsaturadas em sílica. O processo que atinge os radiolários atua de forma seletiva, ou seja, os esqueletos mais delgados são os mais susceptíveis à dissolução, ao contrário daqueles mais espessos.

### 5.2.2 Recristalização

Durante a diagênese, a sílica dos esqueletos dos radiolários pode ser recristalizada, mantendo a composição química original, ocorrendo apenas ordenação do retículo cristalino.

A recristalização está associada a fatores físico-químicos como pressão, temperatura, pH, além da atuação de fluidos intersticiais e profundidade de soterramento. Neste processo, a sílica amorfa biogênica, passa da fase instável de opala A (orgânica e hidratada) para uma fase de opala A' (inorgânica) e converte-se em opala CT (tridimita / cristobalita) sob a forma de lepisferas antes de se transformar na fase mais estável (calcedônia / quartzo), que pode ser identificada por difratometria de raio X.

### 5.2.3 Substituição

Os processos diagenéticos de substituição também ocorrem pelo fato do esqueleto formado por sílica amorfa ser instável sob certas condições ambientais, o que leva a sílica amorfa ser substituída por outros minerais com maior estabilidade química.

A substituição da composição química dos esqueletos dos radiolários, pode favorecer a sua preservação através da substituição da sílica biogênica original por calcita, pirita, dolomita, esmectita, zeólitas e outros (rodocrosita, kutnaorita e clinoptinolita) (De Wever, *et al.* 2001), muitas vezes possíveis de serem identificados por análises em EDS.

No entanto, esses processos de substituição nem sempre favorecem a uma boa preservação dos esqueletos silicosos originais. Pode se citar, a substituição da sílica por calcita ou dolomita, onde detalhes morfológicos do esqueleto não se preservam. Por outro lado, os esqueletos substituídos por pirita (sulfeto de ferro), preservam, na maioria das vezes, muitos detalhes da estrutura morfológica primária.

## 6 MATERIAL E MÉTODO DE ESTUDO

### 6.1 Material de estudo

#### 6.1.1 Bacia do Espírito Santo – Poço 11

O estudo do Poço 11, Bacia do Espírito Santo, foi baseado em 101 amostras de calha obtidas em intervalos de 9m a partir da profundidade 3801m até 2901m de acordo com a metodologia empregada no projeto *Aplicação da Bioestratigrafia de Radiolários ao Refinamento Estratigráfico do Cretáceo e Paleógeno nas Bacias Brasileiras* (UFRJ – BPA/CENPES/PETROBRAS). Especificamente neste trabalho, cujo interesse foi estudar o intervalo compreendido entre o Cretáceo Superior (Maastrichtiano) e o Paleoceno, foram analisadas as amostras entre as profundidades de 3684m até 3432m.

Neste intervalo (Formação Urucutuca) a litologia é representada por folhelho preto a cinza escuro, siltico, micáceo, carbonático; arenito desagregado, fino a médio, subarredondado a subanguloso, bem selecionado, quartzoso, por vezes cimentado; margas e raros calcilutitos (Fig. 5).

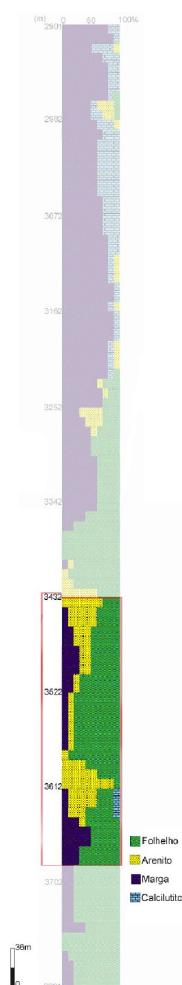


Figura 5 - Perfil litológico das amostras de calha do Poço 11. Em destaque a seção estudada (3684m - 3432m)

### 6.1.2 Bacia de Pelotas – Poço 12

A totalidade das 79 amostras (3804m até 3102m) do Poço 12, Bacia de Pelotas estudadas neste trabalho, constitui uma seção atribuída ao Paleoceno Inferior.

As amostras estudadas (Formação Imbé) são constituídas basicamente por folhelhos cinza escuro, siltico a arenoso (areia muito fina), micáceo passando a folhelhos cinza claro siltico, piritoso. Próximo ao topo da sucessão descrita, observa-se a presença rara de marga cinza clara, siltosa (Fig. 6).

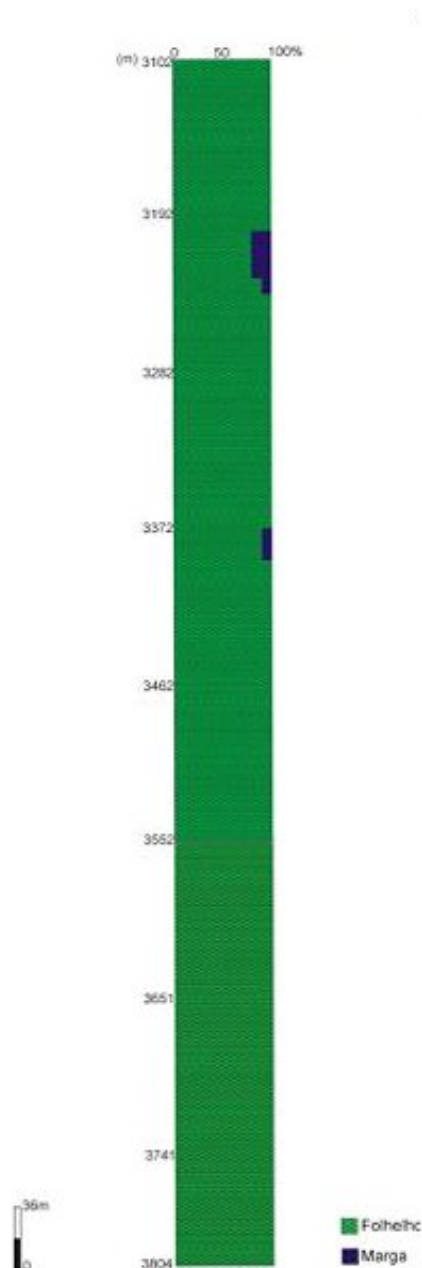


Figura 6 - Perfil litológico das amostras de calha do Poço 12 (3804m até 3102m)

## **6.2 Método de estudo**

### **6.2.1 Análises micropaleontológicas**

Após a seleção das amostras, inicialmente procedeu-se a pesagem de 25g de sedimentos. A partir dessa etapa as amostras são colocadas para reagir com peróxido de hidrogênio, ácido clorídrico e hexametáfosfato de sódio, com o objetivo de eliminar toda matéria orgânica e as frações carbonáticas e argilosas, respectivamente. Após esses procedimentos, a fração residual de cada amostra foi triada e observada em estereomicroscópio. Foram obtidas fotomicrografias dos exemplares mais bem preservados no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) para possibilitar a identificação das espécies e a análise do grau de preservação dos exemplares. Com auxílio da bibliografia especializada foram feitas as análises sistemáticas e bioestratigráficas.

#### **6.2.1.1 Análises sistemática, bioestratigráfica e quantitativa**

A identificação das espécies foi realizada a partir da análise das fotomicrografias com auxílio da bibliografia especializada, incluindo catálogos de espécies, artigos diversos e base de dados digitais. O sistema taxonômico adotado seguiu o modelo apresentado por De Weaver *et al.* (2001). Os táxons encontrados nesses poços estão ilustrados nas estampas 1 a 6.

A análise bioestratigráfica dos poços 11 e 12 foi realizada a partir de amostras de calha, observando-se a distribuição estratigráficas dos diversos táxons encontrados, a identificação de primeiras e últimas ocorrências de alguns táxons reconhecidos internacionalmente como bons marcadores de idades e/ou biozoneamentos, bem como as associações de espécies presentes.

Visto tratar-se de amostras de calha, inicialmente, foram consideradas as últimas ocorrências das espécies-guia e registradas todas as evidências e suposições de retrabalhamento. Posteriormente, então, os resultados da seção basal do Poço 11 foram calibrados aos zoneamentos prévios para o Cretáceo Superior, conforme apresentado por Sanfilippo & Riedel (1989). Em um zoneamento composto, que consiste num conjunto de zoneamentos prévios apresentados para diversas regiões geográfica (Moore, 1973), Riedel & Sanfilippo (1974), Foreman (1975 e 1977) e Pessagno (1976 e 1977).

A seção do Paleógeno do Poço 11 e todo o Poço 12, foi correlacionado ao zoneamento proposto para este período por Sanfilippo & Nigrini (1998). Através da análise dos poços mencionados foi possível delimitar os intervalos caracterizados por associações típicas das biozonas do Paleógeno, conforme apresentadas por Moore (1971), Foreman (1973, 1975), Riedel & Sanfilippo (1978 a,b), compilados por Sanfilippo *et al.* (1989), posteriormente modificado por Nigrini & Sanfilippo (1992). Da mesma forma, também foi considerado o refinamento das biozonas do Paleoceno, conforme apresentado por Nishimura (1992), Sanfilippo & Nigrini (1998) e Nigrini & Sanfilippo (2000). Especificamente para o limite Maastrichtiano-Daniano foram consultados os trabalhos de Hollis (1993, 1997 e 2002).

A análise quantitativa foi realizada com o objetivo de avaliar a abundância das associações de radiolários em cada amostra, determinada a partir do número estimado de radiolários em relação ao volume total que, para esse estudo, foi estabelecido em 25g por amostra.

As biozonas do Paleógeno são aqui apresentadas com a nomenclatura tradicional binomial, bem como com a denominação a partir de códigos alfa – numéricos, introduzidos por Sanfilippo & Nigrini (1998) apenas para os biozoneamentos do Paleógeno (RP1 – RP22). Para a biozona do Cretáceo (*Amphipyndax tylotus*) apenas a nomenclatura tradicional é utilizada, pois os códigos ainda não foram formalizados.

### **6.2.2 Análises químicas (EDS) e preparação do material**

A avaliação preliminar em lupa permitiu caracterizar alguns processos de recristalização e substituição parcial dos esqueletos dos radiolários.

Alteração química foi identificada em espécimes aparentemente recristalizados, bem como em exemplares facilmente identificados onde o processo da substituição por pirita é visível. Substituição por calcita também foi cogitada para alguns exemplares, porém conforme será visto adiante, não foi confirmada.

Muitos destes processos resultaram na alteração dos esqueletos originais atuaram de forma a dificultar ou mesmo impedir a identificação precisa dos táxons.

#### **6.2.2.1 Seleção do material para análise**

Com o objetivo de selecionar os exemplares para a realização das análises químicas no Detector de Energia Dispersiva de Raios-X (EDS), todas as amostras foram observadas preliminarmente segundo um critério exclusivamente visual, que permitiu reconhecer diversos tipos e estágios de preservação dos esqueletos.

Dessa forma, foram selecionados exemplares visualmente diferentes entre si, apresentando feições distintas na superfície da parede esquelética, caracterizadas da seguinte forma:

1º) Preservação ruim a moderada: aspecto “grosseiro/rugoso/açucarado/aglutinado” foi identificado como indicio de preservação ruim a muito ruim, dependendo da possibilidade maior ou menor de visualização das estruturas do esqueleto, podendo estar relacionada à substituição por outros compostos químicos diferentes de sílica, tais como  $\text{CaCO}_3$  (calcita),  $\text{FeS}_2$  (pirita), etc.

2º) Preservação moderada: aspecto “leitoso/porcelanáceo” foi identificado como sinal de espécimes moderadamente preservados, mantendo a forma externa porém sem estruturas morfológicas visíveis, podendo estar relacionada tanto com um processo de substituição quanto com recristalização, ou referindo-se a moldes internos.

3º) Preservação boa: aspecto “translúcido” foi identificado como indicio de boa preservação, devido a observação mais nítida das características morfológicas do esqueleto, podendo estar relacionada com um processo diagenético de recristalização.

### 6.2.2.2 Preparação do material e procedimetos para as análises

Os exemplares selecionados foram fixados em um suporte de alumínio com auxílio de uma fita condutora dupla face. A seguir são recobertos por uma película de carbono (C) através do “metalizador” EMITECH, modelo K950X a fim de torná-las condutoras.

A partir desta etapa, as análises dos exemplares são feitas através do Microscópio Eletrônico de Varredura – MEV (Fig. 7), que é responsável pela emissão e focalização de feixe de elétrons interagindo com as amostras. A leitura do equipamento (MEV-JEOL, modelo JSM-6460LV, no modo alto vácuo, a 20kV com distância de trabalho de 10mm) é feita de acordo com a detecção dos sinais resultantes e com o processamento destes sinais.

As análises morfológicas são feitas a partir de Detectores de Elétron Secundário (SE) e Retroespalhados (BSE). Os SE possibilitam analisar a topografia das amostras, mostrando seus detalhes e relevos com profundidades aparentes, já os BSE indicam o grau de homogeneidade das amostras em tons de cinza, de acordo com a energia de cada elemento químico.

As microanálises dos elementos químicos são feitas no Detector de Energia Dispersiva de Raios-X (EDS). Este aparelho não detecta os elementos H, He, Li e Be, já o B, C, N, O, F e Ne são detectáveis, porém o EDS não os quantificam, mas suas presenças podem ser observadas no espectro. Já a indicação qualitativa serve apenas para os elementos que não são significativos, cujo percentual de peso são menores que 1%.

A análise por EDS é indicada para amostras planas e polidas. Devido ao caráter tridimensional dos radiolários, pode ocorrer desvio de sinal e com isso os resultados perdem resolução. No entanto, estes resultados podem nos sugerir caminhos analíticos mais eficientes, pois indicam os possíveis elementos presentes na superfície da amostra (segundo Rogério Martins BPA-CENPES/Petrobras, técnico químico responsável pelas análises, em comunicação escrita).



Figura 7 - Microscópio eletrônico de varredura – MEV com EDX acoplado



## 7 RESULTADOS

### 7.1 Análise sistemática

#### 7.1.1 Lista de táxons - Poço 11

Lista de táxons de radiolários identificados em 29 amostras no intervalo 3684m – 3432m do Poço 11.

Obs.: Os táxons assinalados com asterisco (\*) foram identificados nos intervalos estudados nesse trabalho, e ilustrados nas estampas 1 e 2 - Poço 11.

*Alievium* sp.

\**Amphipyndax tylotus* Foreman, 1978

\**Archaeodictyomitra lamellicostata* Foreman, 1968

\**Bekoma bidartensis* Riedel & Sanfilippo, 1971

*Bekoma campechensis* Foreman, 1973

*Bekoma* sp.

*Buryella clinata* Foreman, 1973

*Buryella* sp.

\**Buryella tetradica* Foreman, 1973

\**Calocycloma ampula* (Ehrenberg) Foreman, 1973

*Cryptamphorella conara* (Foreman) Dumitrica, 1970

*Dictyomitra multicostata* Zittel, 1876

\**Dictyoprora urceolus* (Haeckel) Nigrini, 1977

\**Dictyoprora mongolfieri* (Ehrenberg) Nigrini, 1977

*Hiscocapsa uterculus* Parona, 1890

\**Lamptonium fabaeforme chaunothorax* Riedel & Sanfilippo, 1970

*Lamptonium fabaeforme fabaeforme* (Krasheninnikov) Riedel & Sanfilippo, 1970

\**Lamptonium pennatum* Foreman, 1973

*Lamptonium sanfilippoae* Foreman, 1973

*Lychnocanium* sp.

*Lychnocanoma bellum* Clark & Campbell, 1942

\**Lythocyclia ocellus* Ehrenberg, 1857

*Orbiculiforma renillaeformis* Pessagno, 1976

*Orbula discipulus* Foreman, 1973

*Phormocyrtis striata exquisita* (Kozlova) Foreman, 1973

*Phormocyrtis striata striata* Brandt, 1935

*Podocyrtis ampla* (Ehrenberg) Riedel & Sanfilippo, 1970

*Podocyrtis papalis* Sanfilippo & Riedel, 1847

\**Podocyrtis* sp.

\**Pseudoaulophacus floresensis* Pessagno, 1963

*Pseudodictyomitra* sp.

*Pseudotheocampe abschinitta* Empson- Morin, 1981

*Rhopalocanium* sp.

*Rhopalosyringium mosquense* Smirnova & Aliev

\**Rhopalosyringium* sp.

*Spongodiscus cruciferus* (Clark & Campbell) Sanfilippo & Riedel, 1973

*Spongodiscus* sp.

*\*Spongurus bilobatus* Clark & Campbell, 1942  
*Stichomitra communis* Squinabol, 1903  
*\*Stylodictia* sp.  
*\*Stylosphaera* sp.  
*\*Thanarla* sp.  
*Theocotyle venezuelensis* Riedel & Sanfilippo, 1970  
*Theocotylissa auctor* Foreman, 1973  
*Theocotylissa fícus* (Ehrenberg) Sanfilippo & Riedel, 1982  
*Thysocyrtis rhizodon* Ehrenberg, 1873  
*\*Thysocyrtis triacantha* Ehrenberg, 1873

### 7.1.2 Lista de táxons - Poço 12

Lista de táxons de radiolários identificados em 79 amostras no intervalo 3804m – 3102m do Poço 12.

Obs.: Os táxons assinalados com asterisco (\*) foram identificados nos intervalos estudados nesse trabalho, e ilustrados nas estampas 4 e 5 - Poço 12.

*Amphisphaera aotea* Hollis, 1993  
*\*Amphisphaera kina* Hollis, 1993  
*\*Amphisphaera macrosphaera* (Nishimura) Hollis, 1997  
*Buryella foremanae* (Petrushevskaya), Hollis, 1991 *emend.* O'Connor, 2001  
*\*Buryella granulata* (Petrushevskaya) Hollis, 1997  
*\*Buryella helenae* O'Connor, 2001  
*\*Buryella pentadica* Foreman, 1973  
*\*Buryella petrushevskayae* O'Connor, 2001  
*\*Buryella* sp.  
*\*Buryella tetradica* Foreman, 1973  
*\*Buryella tridica* O'Connor, 2001  
*\*Calocycloma ampulla* (Ehrenberg) Foreman, 1973  
*\*Dorcadospyris* sp.  
*Lithostrobus wero* (Hollis) Hollis, 1997  
*\*Mylocercion acineton* Foreman, 1968  
*\*Mylocercion aff. echtus* (Empson-Morin, 1981)  
*\*Orbiculiforma renillaeformis* Pessagno, 1976  
*Orbiculiforma* sp.  
*Prunobrachium kennetti* Pessagno, 1975  
*\*Sethochytris cavipodes* O'Connor, 1999  
*\*Spongodiscus* sp.  
*Spongurus bilobatus* Clark & Campbell, 1942  
*\*Espículas de esponja*

## 7.2 Análise bioestratigráfica

Nesse trabalho, foram analisadas parte da seção do Poço 11 (amostras entre as profundidades de 3684m até 3432m) e toda a seção do Poço 12 (3804 - 3102m), reconhecendo-se as biozonas do Cretáceo de acordo com Sanfilippo & Riedel (1989) e do Paleógeno, segundo Riedel *et al.* (1989), com modificações de Sanfilippo & Nigrini (1998).

Com base na ocorrência dos radiolários ao longo dos poços foi elaborada a tabela de distribuição estratigráfica das espécies, que serviu como base para a interpretação bioestratigráfica (Fig. 8 e 9).

Foi possível identificar através dessas distribuições estratigráficas os bioeventos (primeiras e últimas ocorrências).

A partir da determinação dos bioeventos, foi possível delimitar os intervalos caracterizados por associações típicas dos zoneamentos bioestratigráficos para o Maastrichtiano e o Paleógeno no Poço 11.

Segundo Sanfilippo & Riedel (1989), foi possível identificar a Zona *Amphipyndax tylotus* associada ao Maastrichtiano.

De acordo com o zoneamento padrão utilizado internacionalmente, que foi apresentado a partir de dados compilados por Sanfilippo *et al.* (1989) e modificados por Sanfilippo & Nigrini (1998), utilizou-se espécies selecionadas de acordo com seu potencial como espécie-guia para o Paleoceno. A associação presente nos intervalos analisados no Poço 11 permitiu identificar as seguintes zonas do Paleoceno inferior: *Amphisphaera aotea* (RP 1), *Amphisphaera kina* (RP 2), *Stichomitra granulata* (RP 3), *Buryella foremanae* (RP 4), *Buryella tetradica* (RP 5) e *Bekoma campechensis* (com as subzonas *Stylotrochus nitidus-pterocodon* (?) *poculun*, *Orbula discipulus*, *Peritiviator* (?) *dumitricai*) (RP 6).

A associação de radiolários presentes nas amostras do Poço 12 possibilitou posicionar este intervalo no Paleoceno inferior. No entanto, os bioeventos registrados não puderam ser correlacionados às zonas de radiolários desse intervalo de tempo (Hollis 1993, 1997 e 2002) já conhecidas. Os fatores que levaram a essa conclusão foram: a mistura de fauna observada na maior parte das amostras e a possível diacronicidade dos bioeventos identificados no oceano Atlântico e nos demais oceanos para os quais foram propostos os zoneamentos existentes com base nos radiolários do Paleoceno.

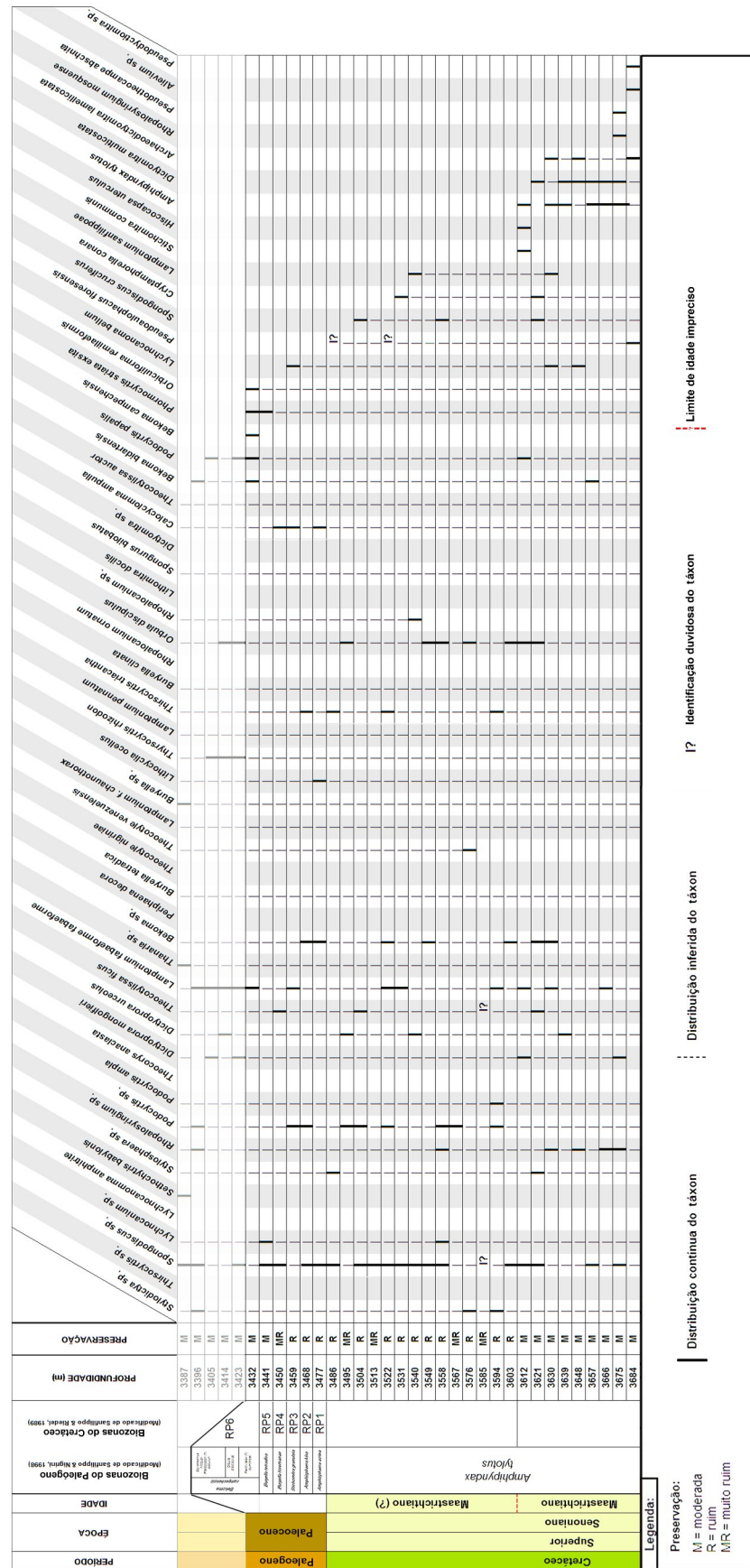


Figura 8 - Distribuição estratigráfica e bioestratigrafia das espécies de radiolários do Poço 11 – Bacia do Espírito Santo

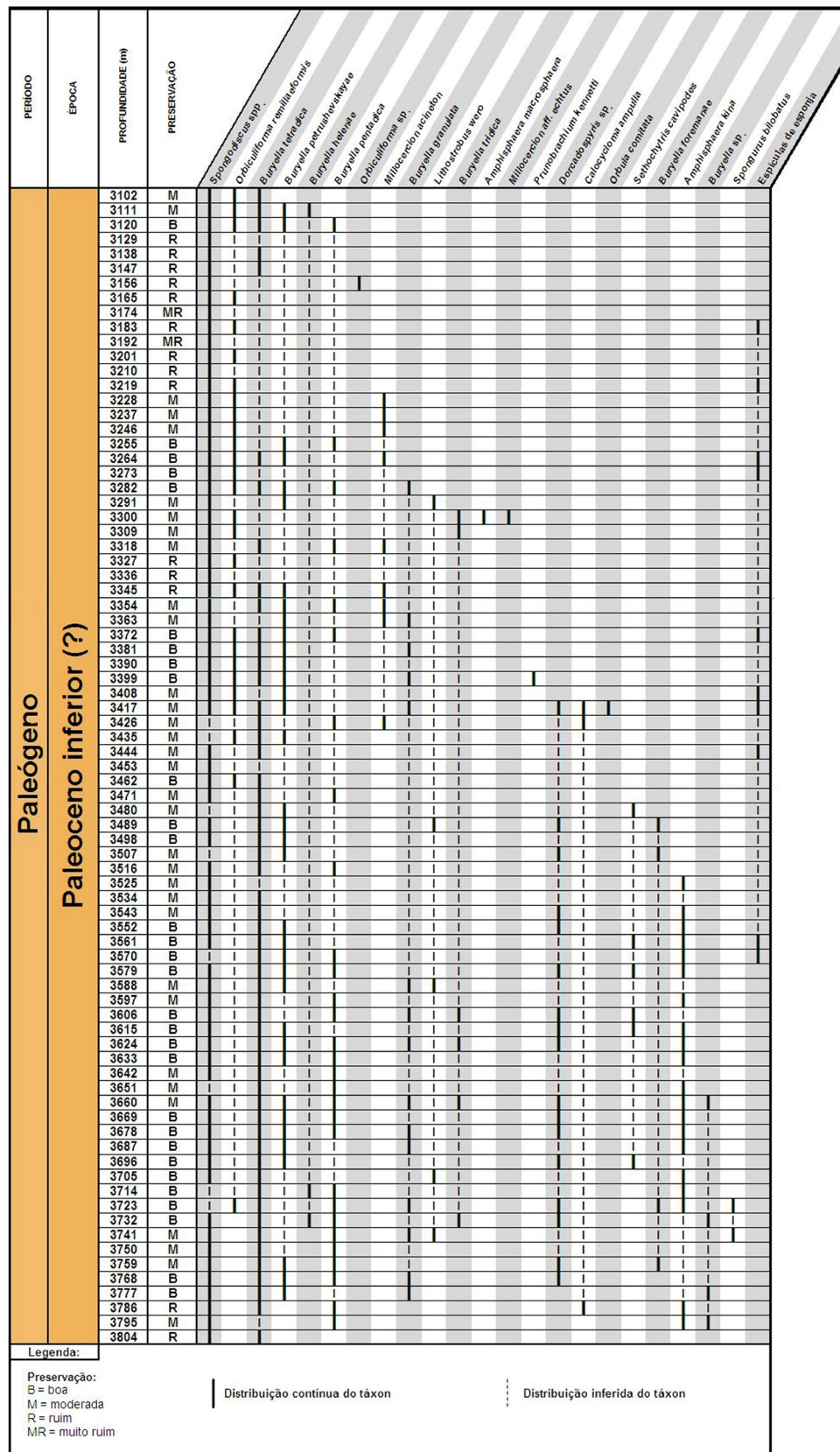


Figura 9 - Distribuição estratigráfica no Paleoceno inferior das espécies de radiolários do Poço 12 - Bacia de Pelotas

### **7.3 Análise quantitativa**

A seguir, as figuras 10 e 11 representam a análise quantitativa dos poços 11 e 12, respectivamente. Observa-se distribuição irregular do número estimado de espécimes de radiolários ao longo dos intervalos analisados.

No Poço 11, observa-se uma relação positiva entre alguns intervalos mais ricos em arenitos e riqueza de radiolários.

No Poço 12 não foi observada qualquer relação entre a litologia dominante (folhelho) e o número muito irregular de radiolários encontrados em cada amostra.

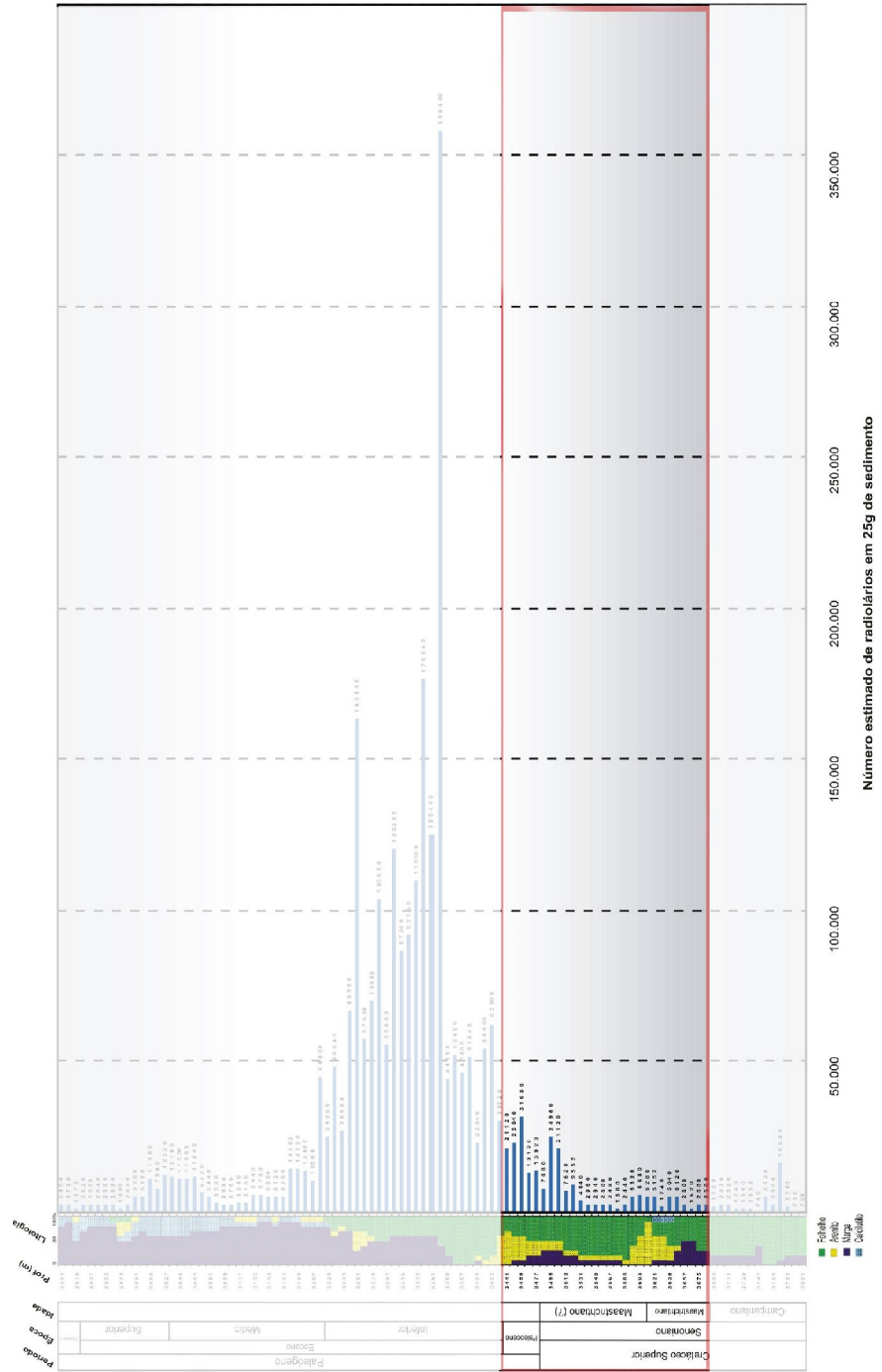


Figura 10 – Litologia e análise quantitativa dos radiolários no poço 11

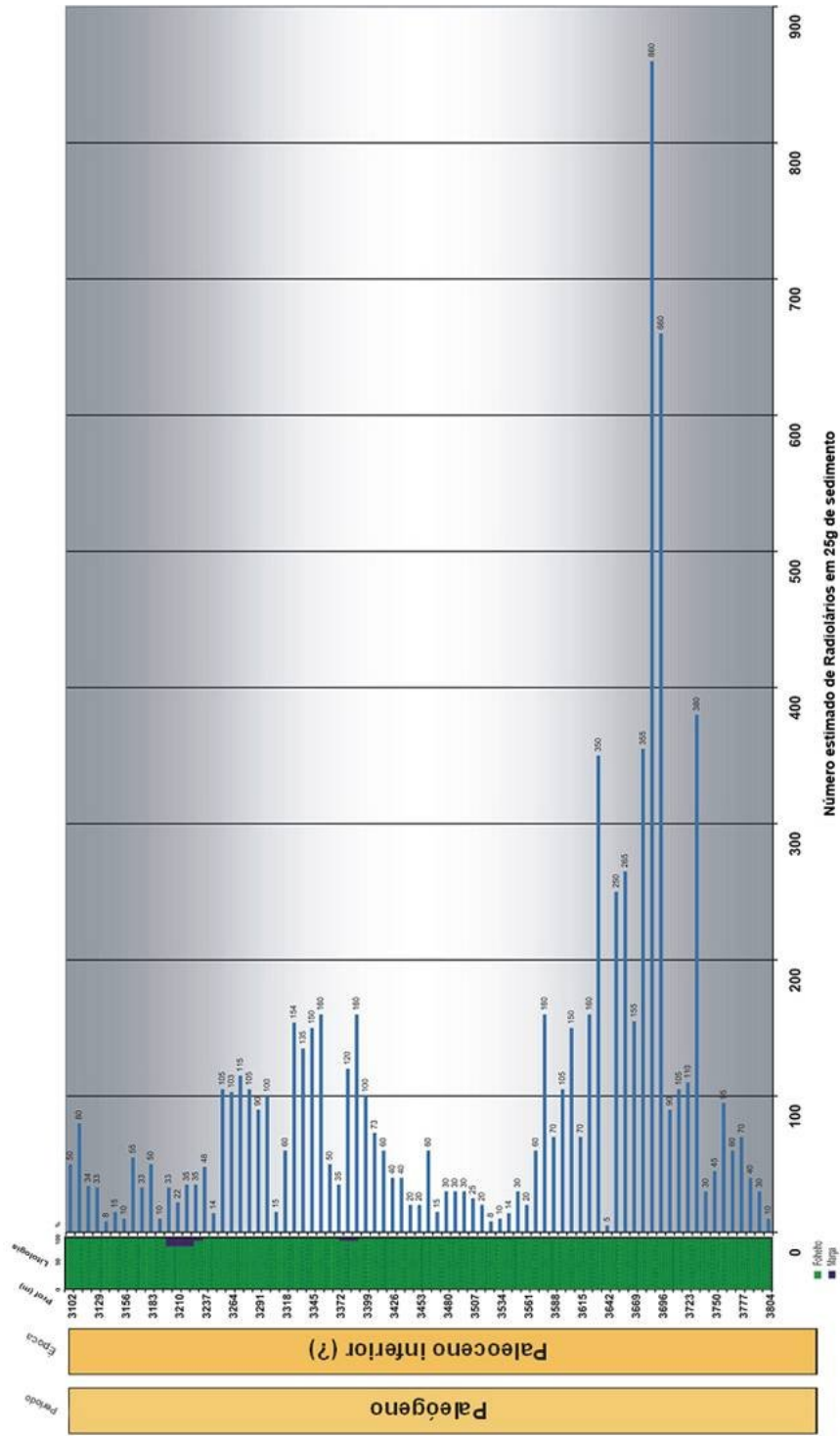


Figura 11 – Litologia e análise quantitativa dos radiolários no poço 12



#### 7.4 Avaliação qualitativa da preservação

Nos dois poços observou-se que o grau de preservação dos esqueletos dos radiolários não seguiu um padrão único, variando entre os graus extremos de preservação de muito ruim a bom. Na maior parte dos exemplares do Poço 11, as estruturas morfológicas diagnósticas das espécies encontram-se variando de muito ruim à preservação moderada (Quadro 1). No entanto, no Poço 12 foram identificados exemplares nos dois extremos: de ruim a boa preservação (Quadro 2).

Alguns indivíduos mostraram sinais de deformação mecânica, apresentando-se achatados, havendo também registros de ocorrência de esqueletos preservados sob forma de moldes internos (Estampas 3 e 6 – Poços 11 e 12).

Quadro1 – Relação entre a litologia das amostras do Poço 11 e o grau de preservação inferido dos exemplares de radiolários

<b>Poço 11</b>		
<b>Amostra</b>	<b>Litologia (1)</b>	<b>Critério visual</b>
3684	Folhelho, Marga, arenito	Preservação Moderada
3648	Folhelho, marga, arenito, calcilutito	Preservação Moderada
3639	Folhelho, arenito, marga, calcilutito	Preservação Moderada
3576	Folhelho, marga, arenito, calcilutito	Preservação Ruim
3567	Folhelho, marga, arenito, siltito	Preservação Muito Ruim
3549	Folhelho, marga, arenito, calcilutito	Preservação Ruim
3486	Folhelho, Marga, arenito	Preservação Ruim

(1) Descrição litológica correspondente a amostras de calha do Poço 11

Quadro2 – Relação entre a litologia das amostras do Poço 12 e o grau de preservação inferido dos exemplares de radiolários

<b>Poço 12</b>		
<b>Amostra</b>	<b>Litologia (1)</b>	<b>Critério visual</b>
3804	Folhelho	Preservação Ruim
3687	Folhelho	Preservação Boa
3336	Folhelho	Preservação Ruim

(1) Descrição litológica correspondente a amostras de calha do Poço 12

## 7.5 Análises químicas

Tabelas composicionais (semi-quantitativas) foram elaboradas mostrando os resultados das análises em percentual de peso atômico e, também, normalizadas para forma de óxidos (o oxigênio foi quantificado por estequiometria) e para 100 % do percentual de peso atômico. A integração dos resultados obtidos para cada amostra selecionada está apresentado nos quadros 3 e 4. No item subsequentes são apresentadas e comentadas as análises químicas de cada amostra.

Quadro 3 – Relação entre litologia das amostras do Poço 11, grau de preservação inferido, composição química e alterações diagenéticas dos exemplares de radiolários

Poço 11					
Amostra	Exemplar	Litologia (1)	Critério visual	Composição química	Alteração diagenética
3684	foto 1	Folhelho, Marga, arenito	Preservação Moderada	Si, Al, Na, Mg, C, O, K, Cl, S, Ca, Ti, Fe,	recristalização
	foto 2				
	foto 3				
	foto 4				
3648	foto 5	Folhelho, marga, arenito, calcilutito	Preservação Moderada	Si, C, Al, Na, Mg, O, K, Cl, S, Ca	recristalização
3639	foto 6	Folhelho, arenito, marga, calcilutito	Preservação Moderada	Si, Al, Na, Mg, C, O, K, Cl, S, Ca, Ti, Fe	início de substituição - piritização
	foto 7				
	foto 8				
3576	foto 9	Folhelho, marga, arenito, calcilutito	Preservação Ruim	Si, Al, Na, C, O, K, Cl, Ca, Fe, Cu	recristalização
3549	foto 10	Folhelho, marga, arenito, calcilutito	Preservação Ruim	Si, Al, Mg, C, O, K, Cl, Ca, Ti, Fe	recristalização
3567	foto 11	Folhelho, marga, arenito,	Preservação Muito Ruim	Si, Al, Na, Mg, C, O, K, Cl, Ca, Fe	recristalização
	foto 12				
3486	foto 13	Folhelho, Marga, arenito	Preservação Ruim	Si, Al, Na, Mg, C, O, K, Cl, Ca, Ti, Fe, Cu	recristalização

(1) Descrição litológica correspondente a amostras de calha do Poço 11

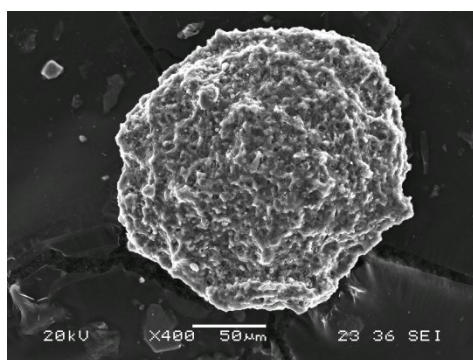
Quadro 4 – Relação entre litologia das amostras do Poço 12, grau de preservação inferido, composição química e alterações diagenéticas dos exemplares de radiolários

Poço 12					
Amostra	Exemplar	Litologia (1)	Critério visual	Composição química	Alteração diagenética
3804	foto 14	Folhelho	Preservação Ruim	Si, Al, Mg, Na, C, O, K, Cl, Fe	recristalização
	foto 15				
	foto 16				
3687	foto 17	Folhelho	Preservação Boa	Si, Al, C, O, Fe, Cr, Ni	"contaminação aço inox"
	foto 18				
3336	foto 19	Folhelho	Preservação Ruim	Si, Al, Na, Mg, C, O, K, Ca, Fe,	recristalização

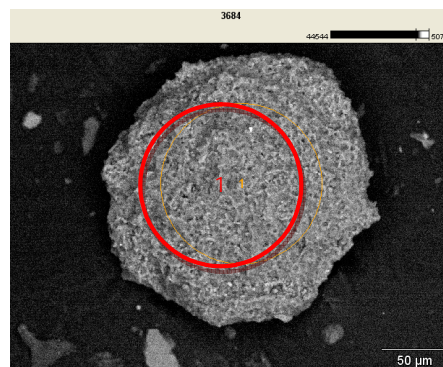
(1) Descrição litológica correspondente a amostras de calha do Poço 12

## 7.6 Descrição das análises químicas

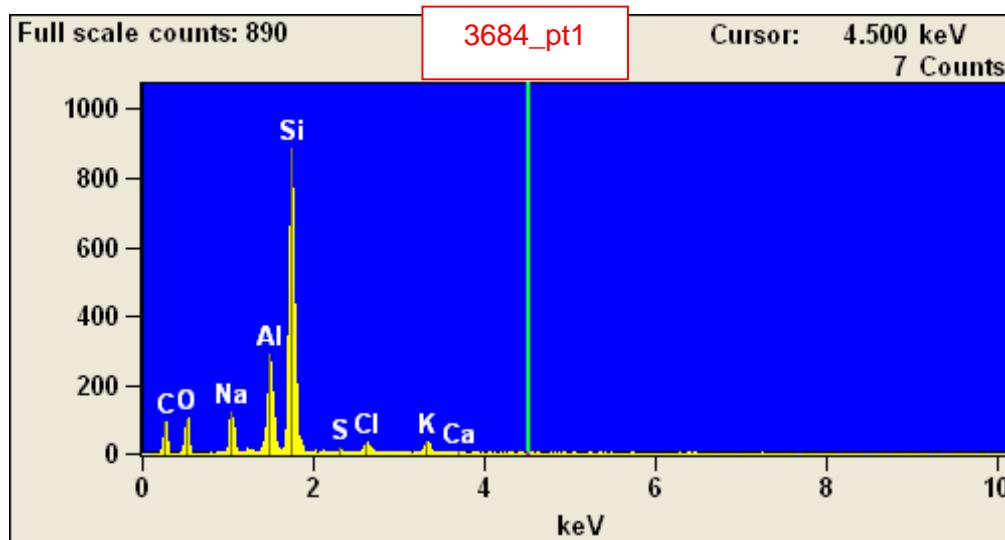
### 7.6.1 Amostra 3684 – Poço 11 (exemplar / foto 1)



A



B



C

	O	Na	Al	Si	S	Cl	K	Ca
3684_pt1	47.73S	7.02	9.48	31.13	0.50	1.58	1.96	0.59

D

		Na2O	Al2O3	SiO2	SO3	Cl	K2O	CaO
3684_pt1	---	9.46	17.90	66.60	1.26	1.58	2.37	0.83

E

Legenda:

A - Imagem por elétrons secundários (SE).

B - Imagem por elétrons retroespalhados (BSE) mostrando caráter aparentemente homogêneo da superfície da amostra.

C - Espectro da Área 1.

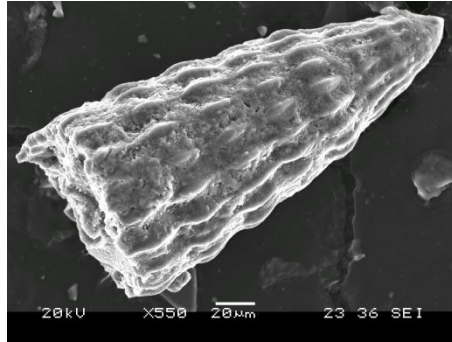
D - Porcentagem peso de cada elemento químico.

E - Porcentagem dos compostos químicos .

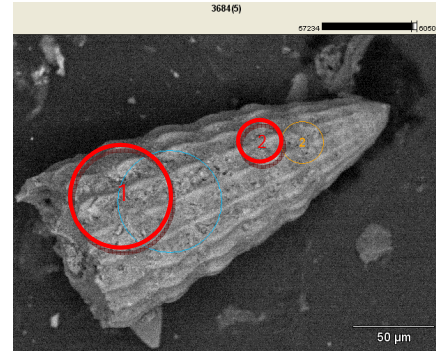
**Resultado:** A área 1 selecionada na fotomicrografia, indica local microanalisado por EDS, cujo espectro evidencia um alto pico de porcentagem peso de Si e picos menores de Al, Na, C, O, K, Cl, Ca e S. A primeira tabela composicional apresenta o O e o Si com maiores percentuais de peso atômico, respectivamente 47,73% e 31,13%, e na segunda tabela confirma a maior taxa percentual de seu composto químico  $\text{SiO}_2$  (66,60%). Dessa forma, conclui-se que o esqueleto é constituído basicamente por sílica ( $\text{SiO}_2$ ).

Obs.: Os picos dos elementos O e C são detectáveis no espectro, porém não podem ser quantificados por EDS.

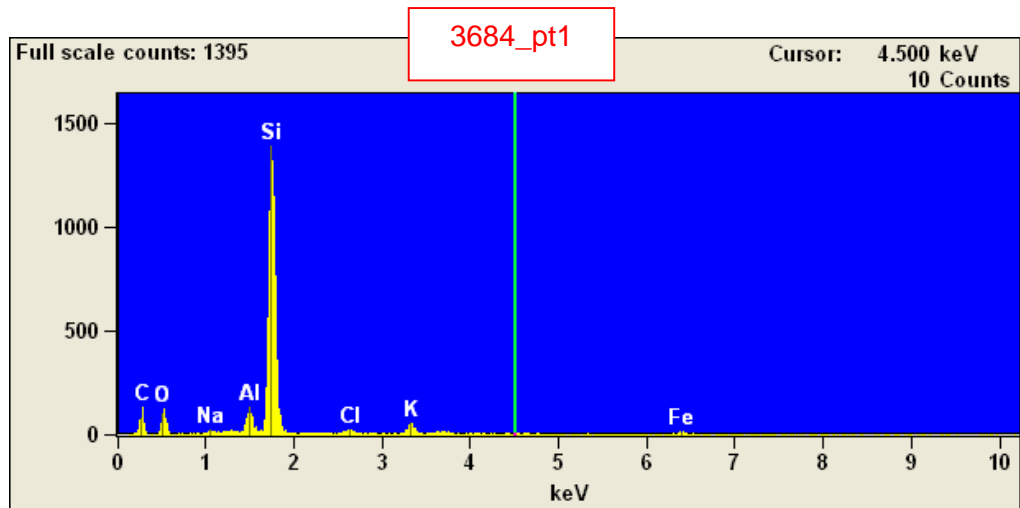
### 7.6.2 Amostra 3684 – Poço 11 (exemplar / foto 2)



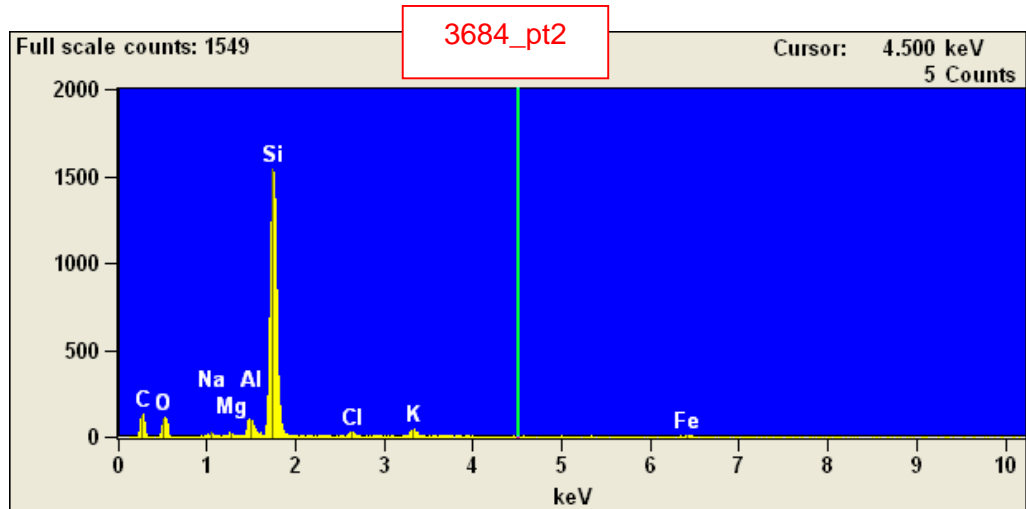
A



B



C



D

	O	Na	Mg	Al	Si	Cl	K	Fe
3684_pt1	49.52S	1.41		2.28	39.89	1.52	3.33	2.05
3684_pt2	49.73S	1.36	0.50	2.01	40.13	1.60	2.57	2.10

E

		Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	Cl	K2O	Fe2O3
3684_pt1	---	1.90		4.30	85.33	1.52	4.01	2.93
3684_pt2	---	1.83	0.83	3.79	85.85	1.60	3.10	3.01

F

Legenda:

A - Imagem por elétrons secundários (SE).

B - Imagem por elétrons retroespalhados (BSE) mostrando caráter aparentemente homogêneo da superfície da amostra.

C - Espectro da Área 1.

D - Espectro da Área 2.

E - Porcentagem peso de cada elemento químico.

F - Porcentagem dos compostos químicos .

**Resultado:** As áreas 1 e 2 selecionadas na fotomicrografia (visualmente diferentes), indicam os locais microanalisados por EDS, cujos os 2 espectros evidenciam um alto pico de porcentagem peso de Si e picos menores de Al, Na, C, O, Mg, K, Cl e Fe. A primeira tabela composicional apresenta o O e o Si com maiores percentuais de peso atômico (49,52% e 39,89% respectivos ao ponto 1 e 49,73% e 40,13% , respectivos ao ponto 2), e na segunda tabela confirma a maior taxa percentual de seu composto químico  $\text{SiO}_2$  85,33% e 85,85% respectivamente nos pontos 1 e 2. Dessa forma, conclui-se que o esqueleto é constituído basicamente por sílica ( $\text{SiO}_2$ ).

Obs.: Os picos dos elementos O e C são detectáveis no espectro, porém não podem ser quantificados por EDS.

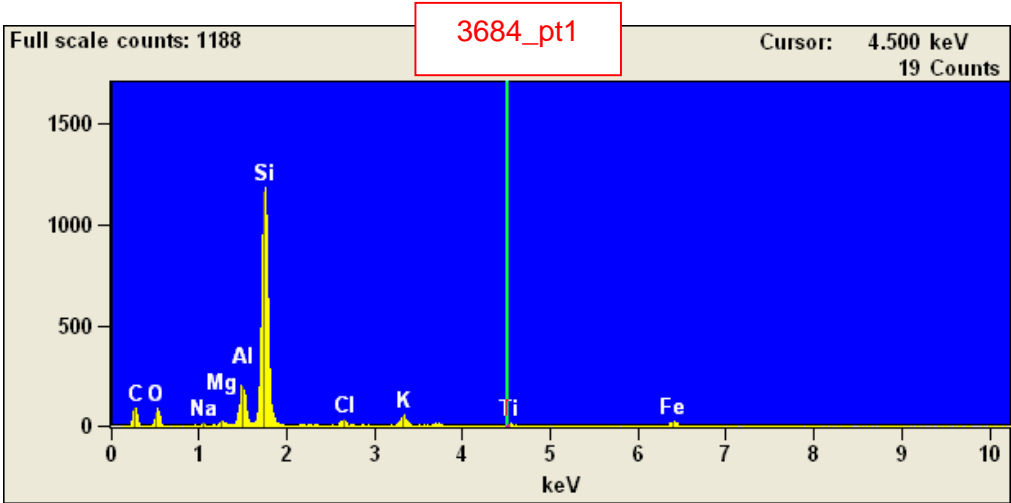
7.6.3 Amostra 3684 – Poço 11 (exemplar / foto 3)



A



B



C

	O	Na	Mg	Al	Si	Cl	K	Ti	Fe
3684_pt1	49.11S	0.59	0.65	5.44	36.10	1.40	2.80	1.07	2.84

D

		Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	Cl	K2O	TiO2	Fe2O3
3684_pt1	---	0.80	1.07	10.28	77.23	1.40	3.37	1.78	4.06

E

Legenda:  
A - Imagem por elétrons secundários (SE).  
B - Imagem por elétrons retroespalhados (BSE) mostrando caráter aparentemente homogêneo da superfície da amostra.  
C - Espectro da Área 1.  
D - Porcentagem peso de cada elemento químico.  
E - Porcentagem dos compostos químicos .

**Resultado:** A área 1 selecionada na fotomicrografia, indica local microanalisado por EDS, cujo espectro evidencia um alto pico de porcentagem peso de Si e picos menores de Al, Mg, Na, C, O, K, Cl, Fe e Ti. A primeira tabela composicional apresenta o O e o Si com maiores percentuais de peso atômico respectivamente 49,11% e 36,10%, e na segunda tabela confirma a maior taxa percentual de seu composto químico  $\text{SiO}_2$  (77,23%). Dessa forma, conclui-se que o esqueleto é constituído basicamente por sílica ( $\text{SiO}_2$ ).

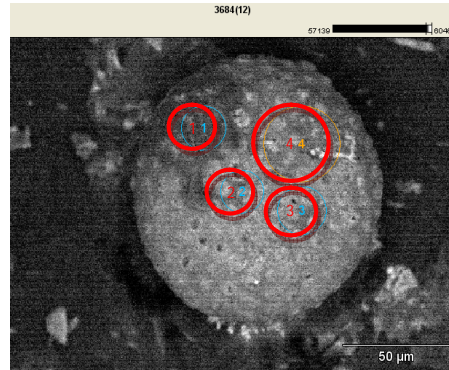
Obs.: Os picos dos elementos O e C são detectáveis no espectro, porém não podem ser quantificados por EDS.



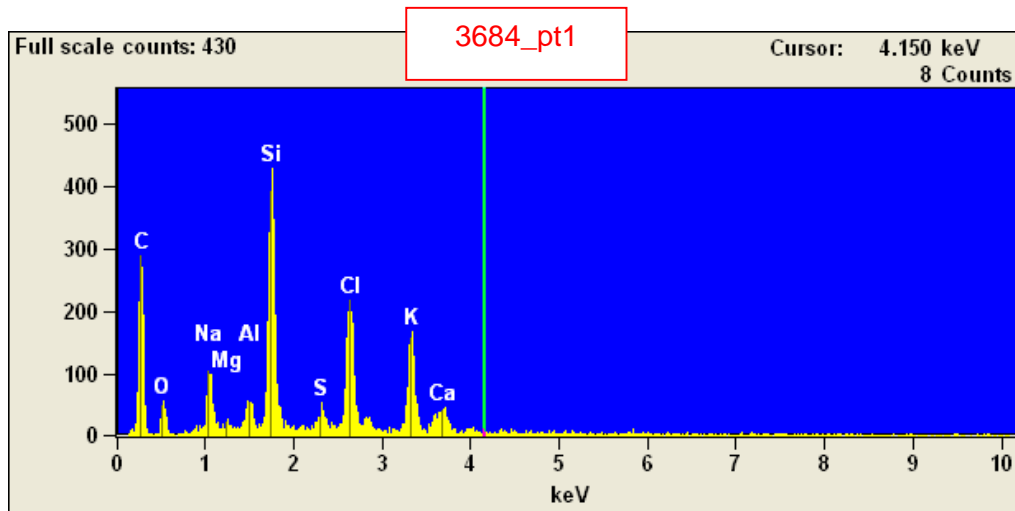
#### 7.6.4 Amostra 3684 – Poço 11 (exemplar / foto 4)



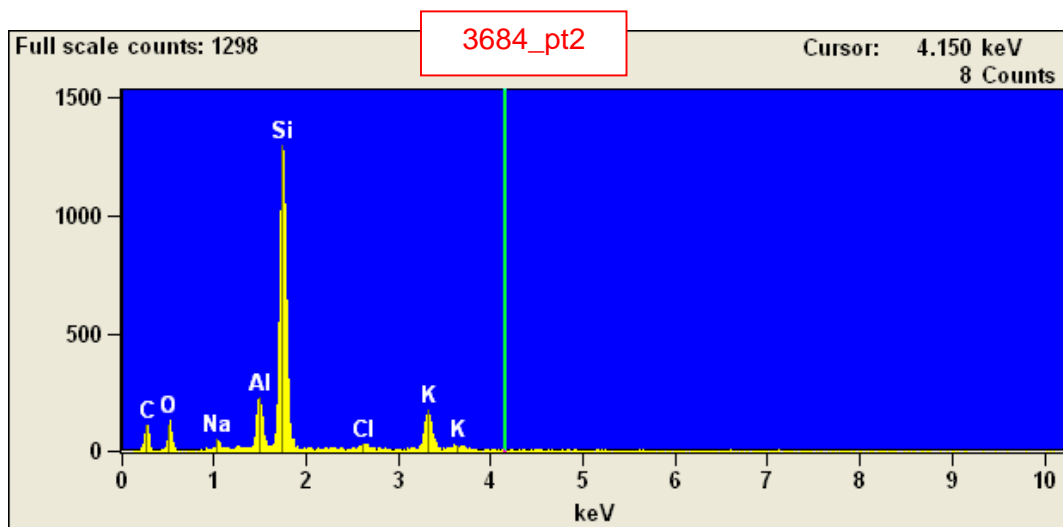
A



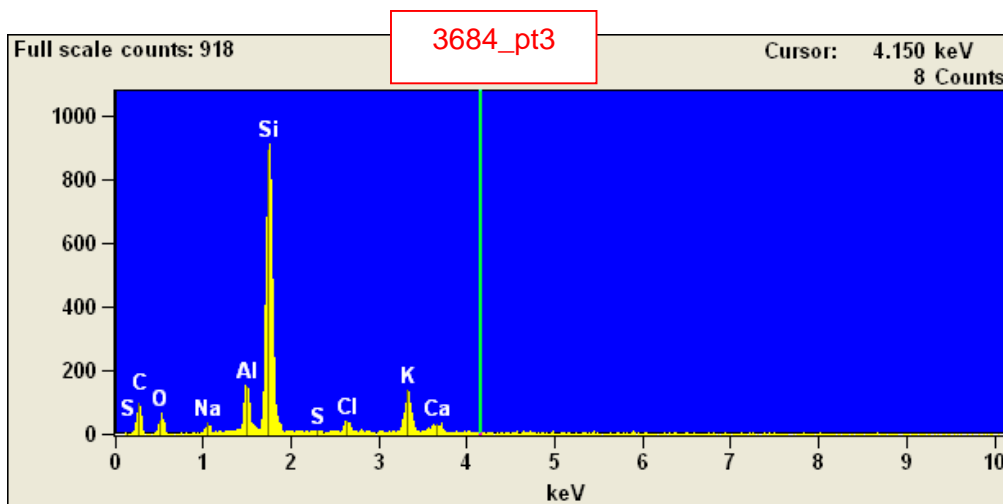
B



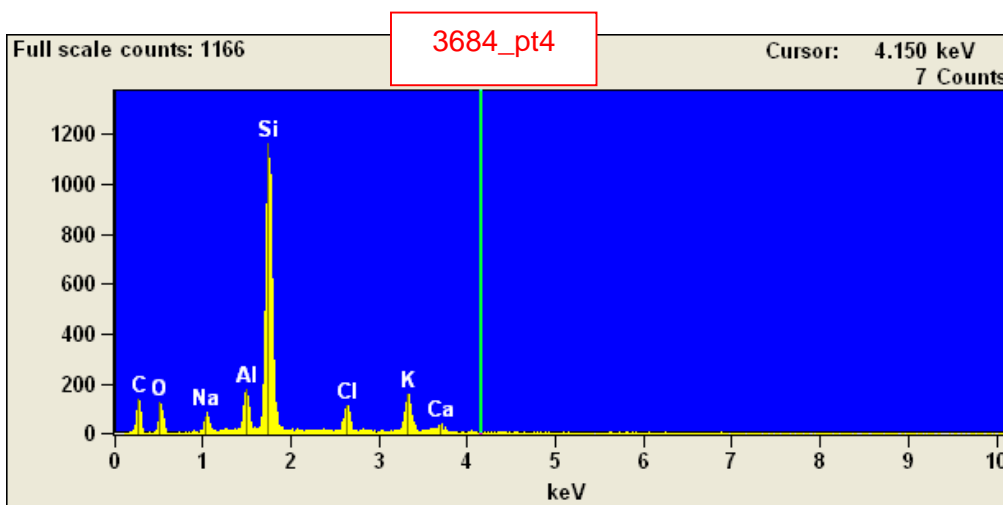
C



D



E



F

	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Mo
3684_pt1	34.21S	9.29	0.61	2.33	18.30	2.35	16.81	11.79	4.30	
3684_pt2	47.02S	2.27		5.01	35.07		1.74	8.89		
3684_pt3	46.58S	1.90		4.52	34.10	0.43	2.30	8.43	1.74	0.00
3684_pt4	44.44S	4.05		3.41	33.02		5.38	7.66	2.03	

G

	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	SO3	Cl	K2O	CaO	MoO3
3684_pt1	---	12.52	1.02	4.40	39.15	5.87	16.81	14.20	6.02
3684_pt2	---	3.06		9.47	75.03		1.74	10.71	
3684_pt3	---	2.57		8.53	72.94	1.07	2.30	10.16	2.43
3684_pt4	---	5.46		6.44	70.64		5.38	9.23	2.84

H

Legenda:

A - Imagem por elétrons secundários (SE).

B - Imagem por elétrons retroespalhados (BSE) mostrando caráter aparentemente homogêneo da superfície da amostra.

C - Espectro da Área 1.

D - Espectro da Área 2.

E - Espectro da Área 3.

F - Espectro da Área 4.

G - Porcentagem peso de cada elemento químico.

H - Porcentagem dos compostos químicos .

**Resultado:** As áreas 2, 3 e 4 seleccionadas na fotomicrografia (visualmente diferentes), indicam os locais microanalizados por EDS, cujos 3 últimos espectros evidenciam um alto pico de percentagem peso de Si e picos menores de Al, Na, C, O, K, Cl, Ca e S. A primeira tabela composicional apresenta o O e o Si com maiores percentuais de peso atômico (47,02% e 35,07% respectivos ao ponto 2; 46,58% e 34,10% respectivos ao ponto 3 e 44,44% e 33,02% respectivos ao ponto 4), e na segunda tabela confirma a maior taxa percentual de seu composto químico  $\text{SiO}_2$  respectivamente 75,03%, 72,94% e 70,64% aos pontos 2, 3 e 4. Dessa forma, conclui-se que o esqueleto é constituído basicamente por sílica ( $\text{SiO}_2$ ).

No espectro da área 1 em especial, visualmente mais escura que outras áreas, foi notado alta taxa de Si, C, Cl, K e Mg, indicando uma possível contaminação devido a aderência da cola do adesivo para colagem do exemplar (segundo Rogério Martins BPA-CENPES/Petrobras, técnico químico responsável pelas análises, em comunicação pessoal).

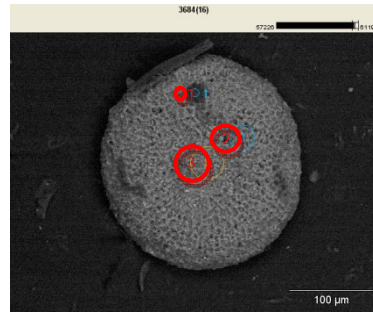
A primeira tabela composicional apresenta no ponto 1, o O, Si, Cl e K com maiores percentuais de peso atômico, respectivamente 34,21%, 18,30, 16,81% e 11,79, e na segunda tabela confirma a maior taxa percentual de seus compostos químicos  $\text{SiO}_2$ , Cl e  $\text{K}_2\text{O}$ , respectivamente 39,15%, 16,81% e 14,20%.

Obs.: Os picos dos elementos O e C são detectáveis no espectro, porém não podem ser quantificados por EDS.

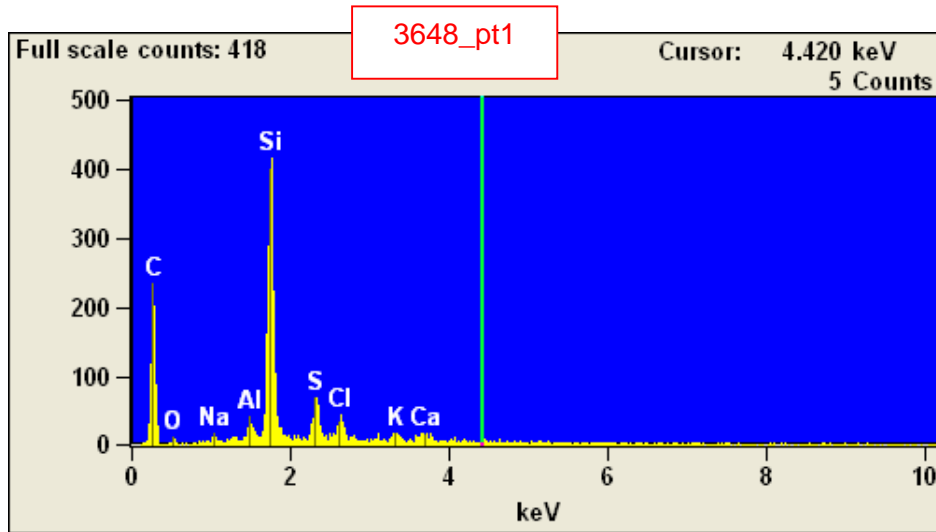
### 7.6.5 Amostra 3648 – Poço 11 (exemplar / foto 5)



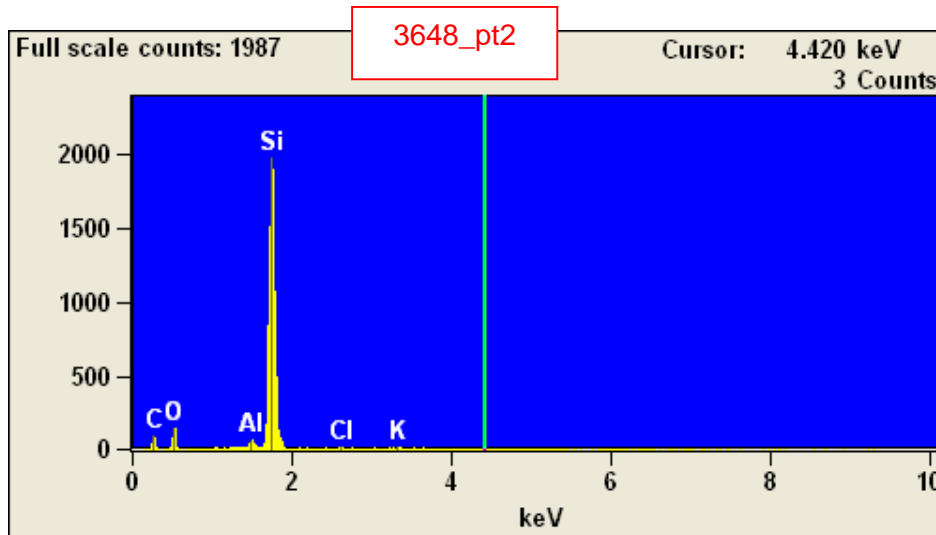
A



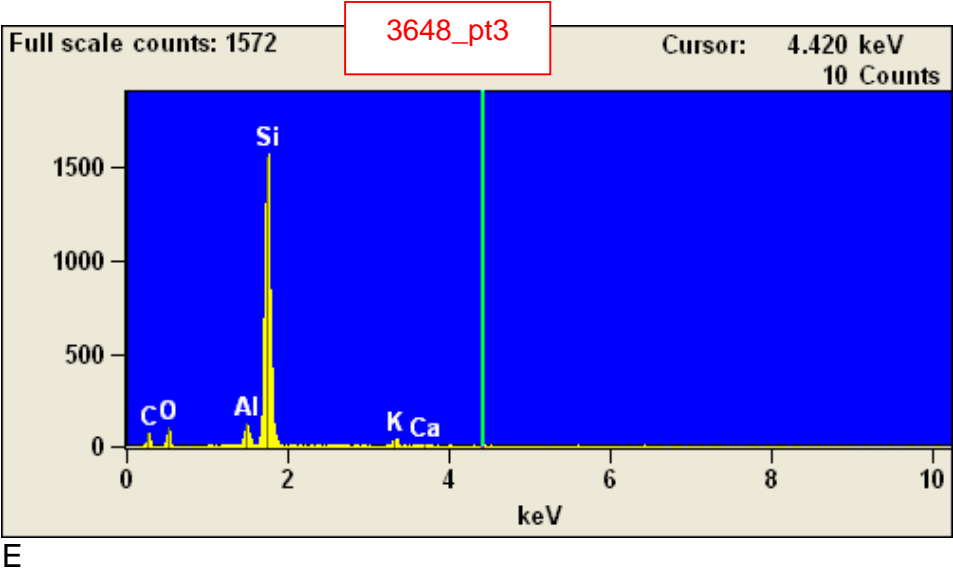
B



C



D



	O	Na	Al	Si	S	Cl	K	Ca
3648_pt1	49.61S	1.47	1.86	30.34	7.72	4.51	2.41	2.07
3648_pt2	52.71S		0.96	45.41		0.33	0.59	
3648_pt3	51.88S		2.44	43.03			1.93	0.71

F

	Na2O	Al2O3	SiO2	SO3	Cl	K2O	CaO
3648_pt1	---	1.98	3.52	64.91	19.28	4.51	2.90
3648_pt2	---		1.81	97.15		0.33	0.71
3648_pt3	---		4.62	92.06			2.33

G

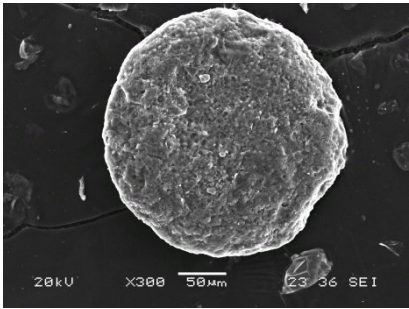
Legenda:  
A - Imagem por elétrons secundários (SE).  
B - Imagem por elétrons retroespalhados (BSE) mostrando caráter aparentemente homogêneo da superfície da amostra.  
C - Espectro da Área 1.  
D - Espectro da Área 2.  
E - Espectro da Área 3.  
F - Porcentagem peso de cada elemento químico.  
G - Porcentagem dos compostos químicos .

**Resultado:** As áreas 2 e 3 selecionadas na fotomicrografia (visualmente diferentes), indicam os locais microanalizados por EDS, cujos 2 últimos espectros evidenciam um alto pico de porcentagem peso de Si e picos menores de Al, C, O, K, Cl e Ca. A primeira tabela composicional apresenta o O e o Si com maiores percentuais de peso atômico (52,71% e 45,41% respectivos ao ponto 2 e 51,88% e 43,03% respectivos ao ponto 3), e na segunda tabela confirma a maior taxa percentual de seu composto químico  $\text{SiO}_2$ , respectivamente 97,15% e 92,06% nos pontos 2 e 3. Dessa forma, conclui-se que o esqueleto é constituído basicamente por sílica ( $\text{SiO}_2$ ). No espectro da área 1 em especial, visualmente mais escura que outras áreas, foi notado alta taxa de Si e C, e picos menores de S, Cl, K e Ca, indicando uma possível contaminação devido a aderência da cola do adesivo para colagem do exemplar (segundo Rogério Martins BPA-CENPES/Petrobras, técnico químico responsável pelas análises, em comunicação pessoal).

A primeira tabela composicional apresenta nesse ponto 1, o O e o Si com maiores percentuais de peso atômico, respectivamente 49,61% e 30,34%, e na segunda tabela confirma a maior taxa percentual de seu composto químico  $\text{SiO}_2$  (64,91%).

Obs.: Os picos dos elementos O e C são detectáveis no espectro, porém não podem ser quantificados por EDS.

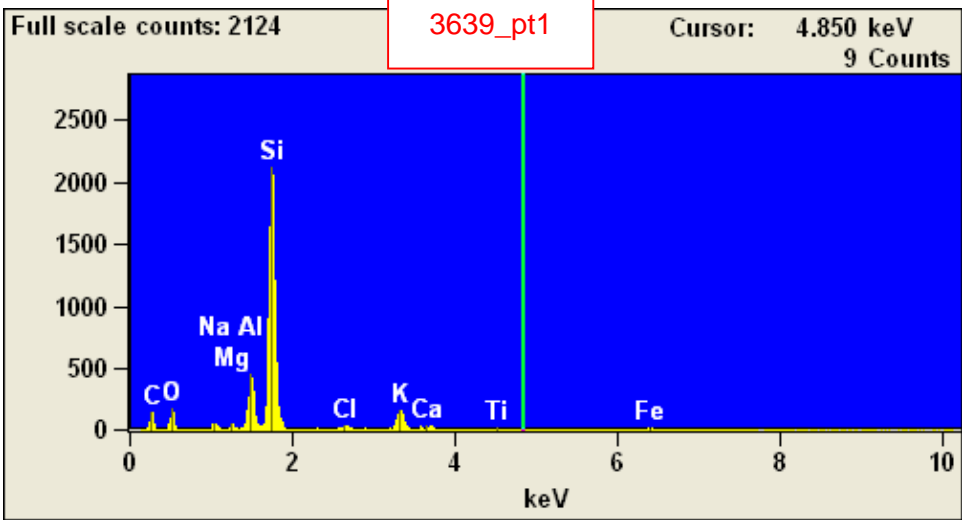
7.6.6 Amostra 3639 – Poço 11 (exemplar / foto 6)



A



B



C

	O	Na	Mg	Al	Si	Cl	K	Ca	Ti	Fe
3639_pt1	48.49S	1.31	0.44	6.39	34.88	1.00	4.48	0.68	0.55	1.78

D

		Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	Cl	K2O	CaO	TiO2	Fe2O3
3639_pt1	---	1.77	0.72	12.07	74.63	1.00	5.39	0.96	0.92	2.54

E

Legenda:

A - Imagem por elétrons secundários (SE).

B - Imagem por elétrons retroespalhados (BSE) mostrando caráter aparentemente homogêneo da superfície da amostra.

C - Espectro da Área 1.

D - Porcentagem peso de cada elemento químico.

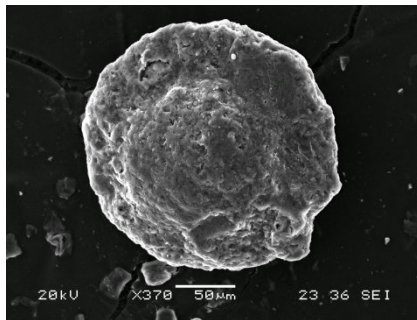
E - Porcentagem dos compostos químicos .

**Resultado:** A área 1 selecionada na fotomicrografia, indica local microanalisado por EDS, cujo espectro evidencia um alto pico de porcentagem peso de Si e picos menores de Al, Mg, Na, C, O, K, Ca, Cl, Fe e Ti. A primeira tabela composicional apresenta o O e o Si com maiores percentuais de peso atômico, respectivamente 48,49% e 34,88%, e na segunda tabela confirma a maior taxa percentual de seu composto químico  $\text{SiO}_2$  (74,63%). Dessa forma, conclui-se que o esqueleto é constituído basicamente por sílica ( $\text{SiO}_2$ ).

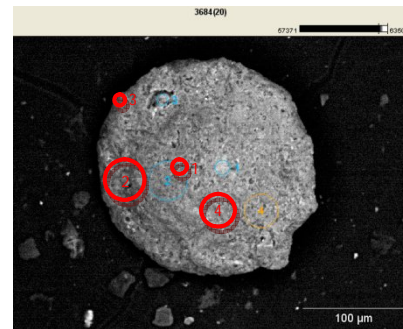
Obs.: Os picos dos elementos O e C são detectáveis no espectro, porém não podem ser quantificados por EDS.



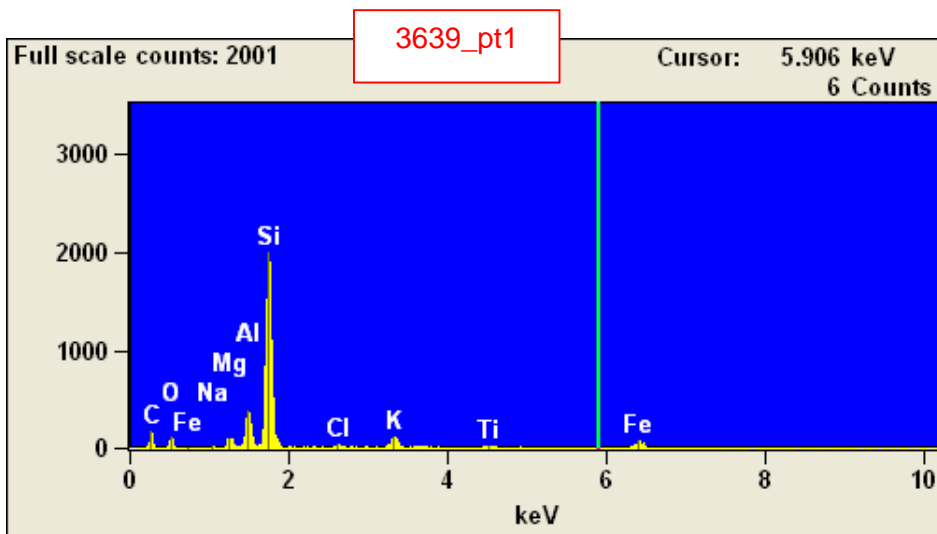
### 7.6.7 Amostra 3639 – Poço 11 (exemplar / foto 7)



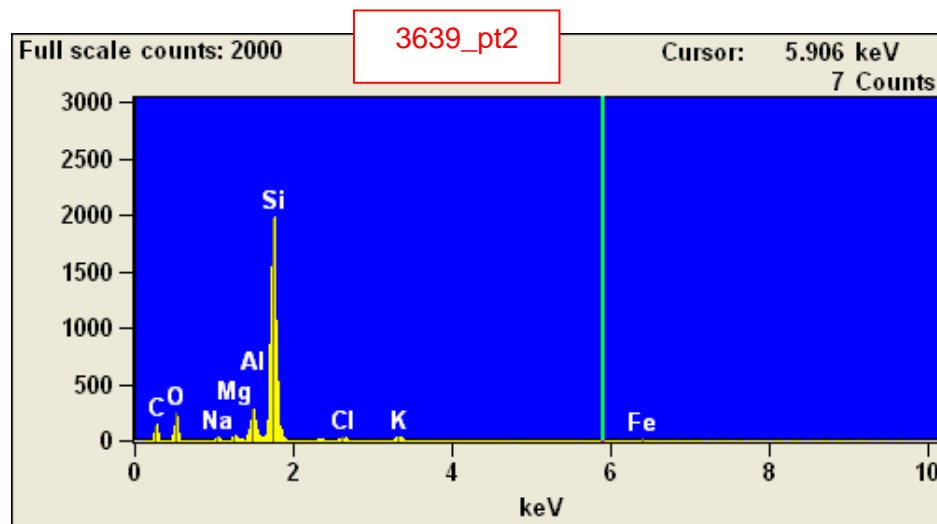
A



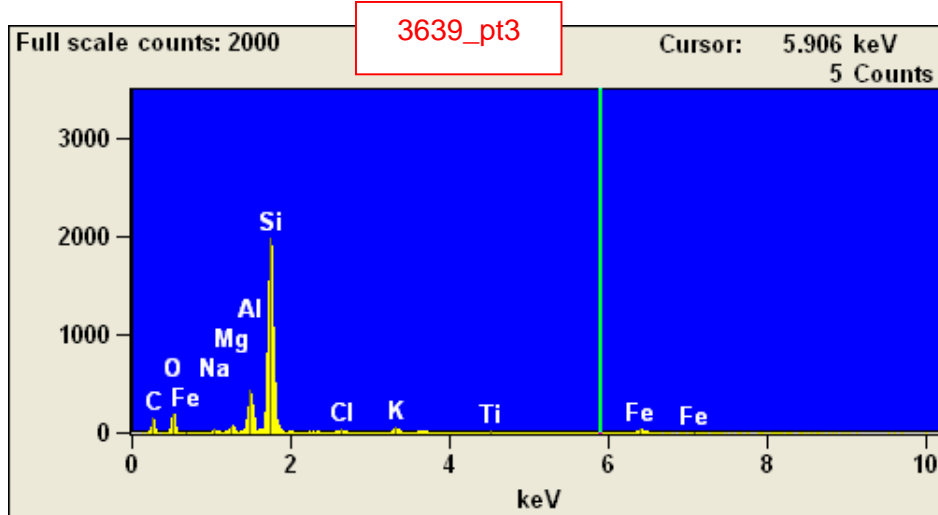
B



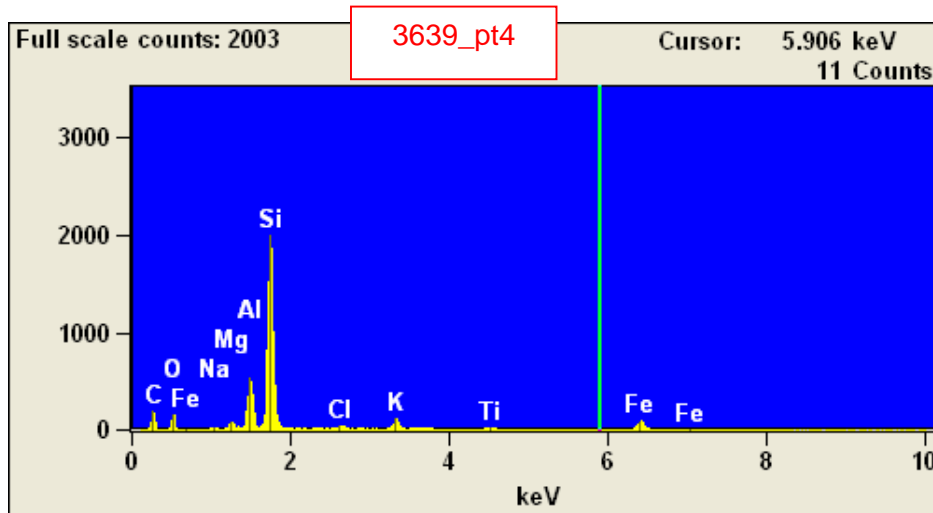
C



D



E



F

	O	Na	Mg	Al	Si	Cl	K	Ti	Fe
3639_pt1	47.57S	0.40	1.78	5.75	32.31	1.13	3.69	1.71	5.66
3639_pt2	50.05S	1.38	0.64	4.47	38.49	0.97	1.81		2.20
3639_pt3	49.02S	1.27	0.96	6.90	34.57	1.05	1.84	0.68	3.71
3639_pt4	47.59S	0.95	1.30	8.09	31.09	1.24	2.95	1.10	5.69

G

		Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	Cl	K2O	TiO2	Fe2O3
3639_pt1	---	0.54	2.95	10.86	69.13	1.13	4.45	2.85	8.09
3639_pt2	---	1.85	1.06	8.45	82.35	0.97	2.17		3.15
3639_pt3	---	1.71	1.59	13.03	73.96	1.05	2.22	1.13	5.31
3639_pt4	---	1.28	2.15	15.29	66.52	1.24	3.55	1.84	8.13

H

**Legenda:**

A - Imagem por elétrons secundários (SE).

B - Imagem por elétrons retroespalhados (BSE) mostrando caráter aparentemente homogêneo da superfície da amostra.

C - Espectro da Área 1.

D - Espectro da Área 2.

E - Espectro da Área 3.

F - Espectro da Área 4.

G - Porcentagem peso de cada elemento químico.

H - Porcentagem dos compostos químicos .

**Resultado:** As áreas 1, 2, 3 e 4 selecionadas na fotomicrografia (visualmente diferentes), indicam os locais microanalizados por EDS, cujos 4 espectros evidenciam um alto pico de porcentagem peso de Si e picos menores de Al, Mg, Na, C, O, K, Fe, Cl e Ti. A primeira tabela composicional apresenta o O e o Si com maiores percentuais de peso atômico (47,57% e 32,31% respectivos ao ponto 1; 50,05% e 38,49% respectivos ao ponto 2; 49,02% e 34,57% respectivos ao ponto 3 e 47,59% e 31,09% respectivos ao ponto 4), e na segunda tabela confirma a maior taxa percentual de seu composto químico  $\text{SiO}_2$ , respectivamente 69,13%, 82,35%, 73,96% e 66,52 nos pontos 1, 2, 3 e 4. Dessa forma, conclui-se que o esqueleto é constituído basicamente por sílica ( $\text{SiO}_2$ ).

Obs.: Os picos dos elementos O e C são detectáveis no espectro, porém não podem ser quantificados por EDS.

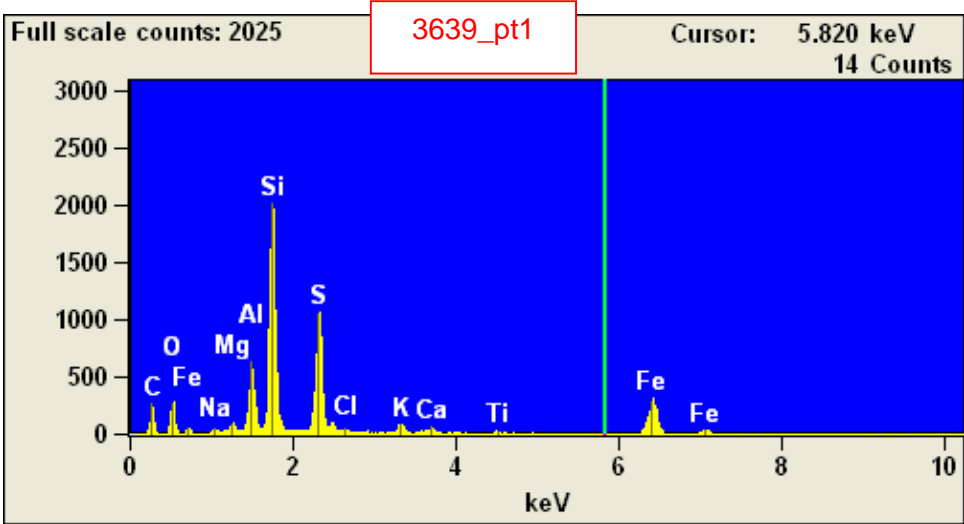
7.6.8 Amostra 3639 – Poço 11 (exemplar / foto 8)



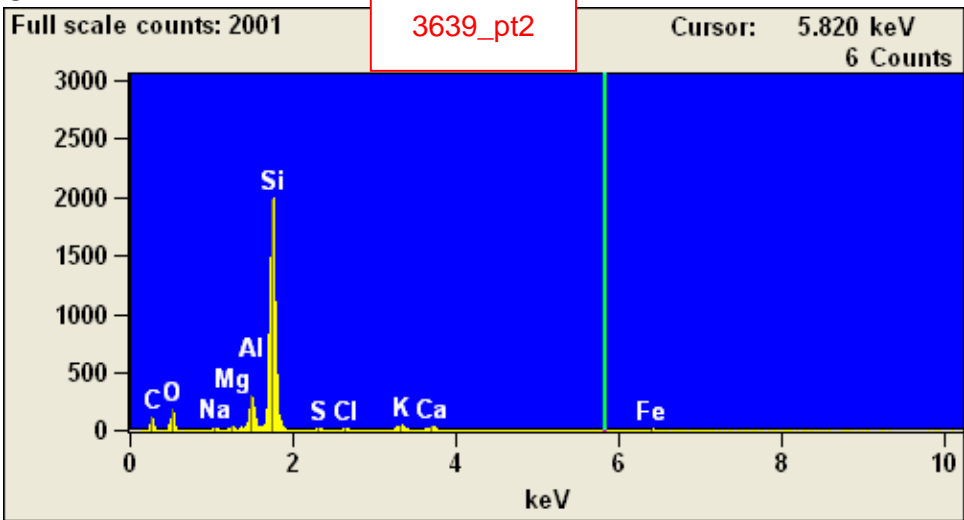
A



B



C



D

	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Fe
3639_pt1	49.71S	0.61	0.62	4.78	16.87	13.28	0.40	1.00	0.61	0.32	11.78
3639_pt2	50.05S	0.91	0.37	4.65	37.32	0.62	0.57	1.80	1.70		2.01

E

	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	SO3	Cl	K2O	CaO	TiO2	Fe2O3
3639_pt1	---	0.83	1.03	9.04	36.09	0.40	1.21	0.86	0.53	16.85
3639_pt2	---	1.23	0.62	8.78	79.84	1.55	2.17	2.38		2.87

F

Legenda:

A - Imagem por elétrons secundários (SE).

B - Imagem por elétrons retroespalhados (BSE) mostrando caráter aparentemente homogêneo da superfície da amostra.

C - Espectro da Área 1.

D - Espectro da Área 2.

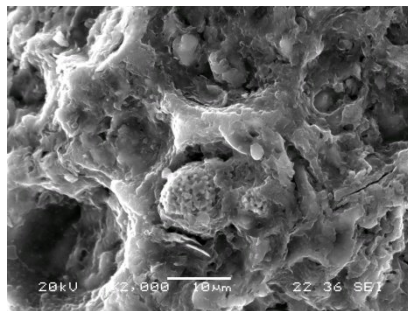
E - Porcentagem peso de cada elemento químico.

F - Porcentagem dos compostos químicos .

**Resultado:** As áreas 1 e 2 selecionadas na fotomicrografia (visualmente diferentes), indicam os locais microanalisados por EDS, cujos 2 espectros evidenciam um alto pico de porcentagem peso de Si e picos menores de S, Al, Mg, Fe, Na, C, O, K e Cl. A primeira tabela composicional apresenta o O e o Si com maiores percentuais de peso atômico (49,71% e 16,87% respectivos ao ponto 1 e 50,05% e 37,32% respectivos ao ponto 2), e na segunda tabela confirma a maior taxa percentual de seu composto químico SiO<sub>2</sub>, respectivamente 36,09% e 79,84% nos pontos 1 e 2. Porém, ao observar o espectro da área 1 em especial, visualmente mais clara que a outra área, foi notado alta taxa de S e Fe, cujas tabelas composicionais percentual peso do S e Fe são respectivamente 13,28% e 11,78%, e o percentual dos compostos químicos são, 33,17% para SO<sub>3</sub> e 16,85% para Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. De acordo com essas análises, é provável que uma possível substituição (pirita) tenha ocorrido no esqueleto do radiolário. Dessa forma, foi feita análise em detalhe do possível local da piritização (foto 8-B).

Obs.: Os picos dos elementos O e C são detectáveis no espectro, porém não podem ser quantificados por EDS.

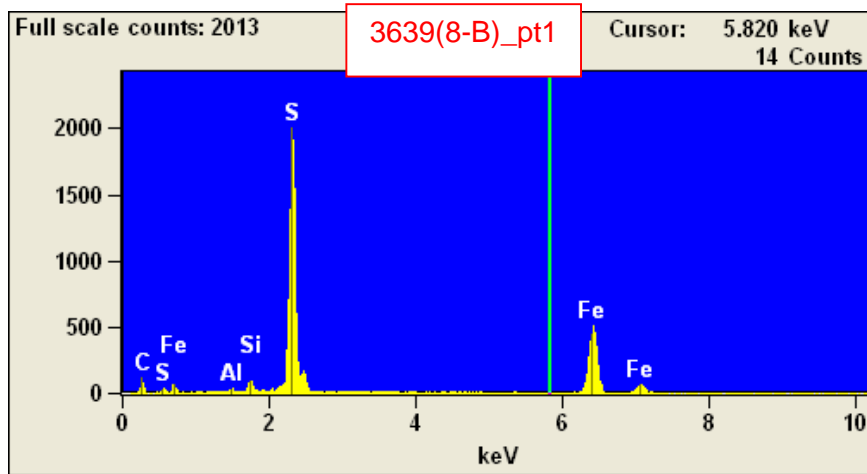
## 7.6.8.1 Detalhe da foto 8-B



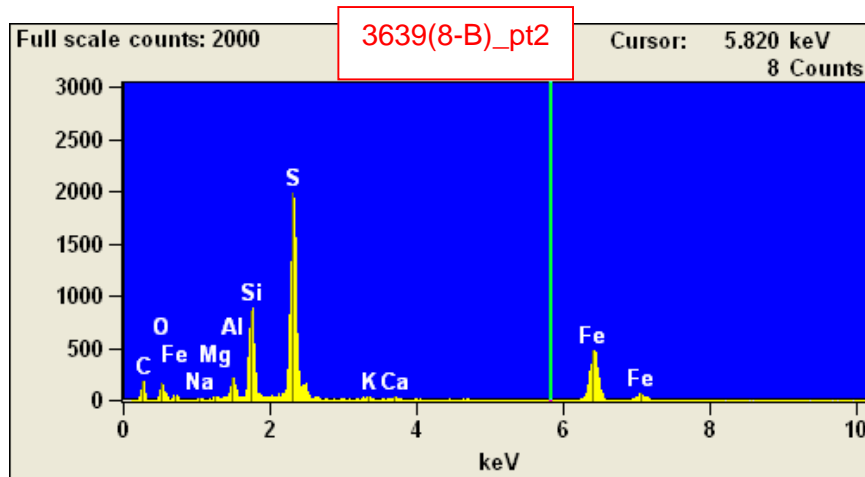
A



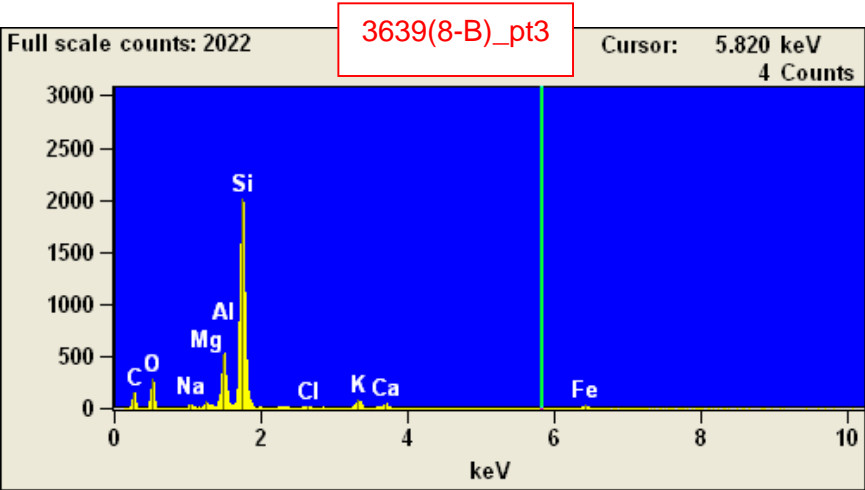
B



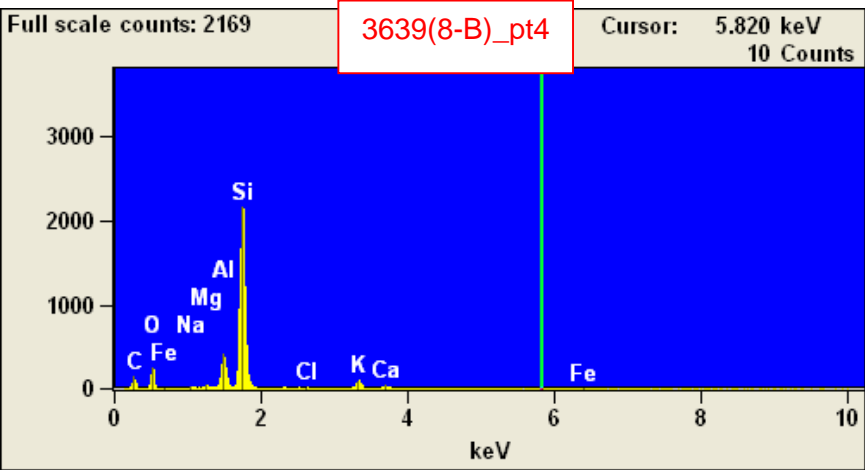
C



D



E



F

	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Fe
3639(8-B)_pt1	49.84S			0.24	0.78	25.88				23.27
3639(8-B)_pt2	50.23S	0.25	0.25	1.45	6.92	21.83		0.29	0.30	18.50
3639(8-B)_pt3	49.02S	0.99	0.65	7.46	34.47		0.62	2.40	1.26	3.14
3639(8-B)_pt4	49.63S	0.78	0.58	6.11	36.52		0.42	2.59	1.34	2.02

G

	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	SO3	Cl	K2O	CaO	Fe2O3
3639(8-B)_pt1	---		0.45	1.66	64.63				33.26
3639(8-B)_pt2	---	0.33	0.41	2.74	54.50		0.34	0.42	26.45
3639(8-B)_pt3	---	1.34	1.07	14.09	73.74	0.62	2.89	1.76	4.49
3639(8-B)_pt4	---	1.06	0.96	11.55	78.13	0.42	3.12	1.87	2.89

H

Legenda:

A - Detalhe da foto 8-B, imagem por elétrons secundários (SE)

B - Detalhe da foto 8-B - imagem por BSE, nas áreas 1 e 2 temos a presença de pirita (FeS<sub>2</sub>).

C - Espectro da Área 1.

D - Espectro da Área 2.

E - Espectro da Área 3.

F - Espectro da Área 4.

G - Porcentagem peso de cada elemento químico.

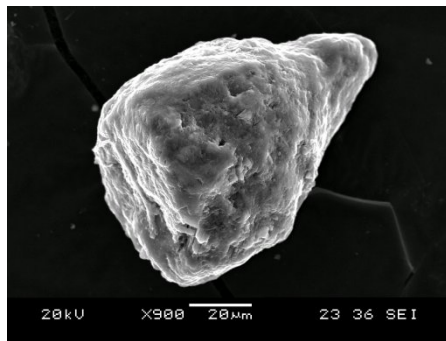
H - Porcentagem dos compostos químicos .

**Resultado:** A probabilidade de uma possível substituição, foi comprovada por uma análise em detalhe da região mais clara que a das áreas 1 e 2 onde foi notado no espectro altas taxas de S e Fe. A primeira tabela composicional evidencia maiores percentuais de peso atômico do S e Fe (25,88% e 23,27% no ponto 1 e 21,83% e 18,50% respectivos ao ponto 2) e na segunda tabela confirma a maior taxa percentual de seu composto químico  $\text{SO}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (64,63% e 33,26% no ponto 1, e 54,50% e 26,45% no ponto 2). Confirmando a substituição do esqueleto por pirita ( $\text{FeS}_2$ ), observando-se inclusive a presença de pirita framboidal (foto 8-b).

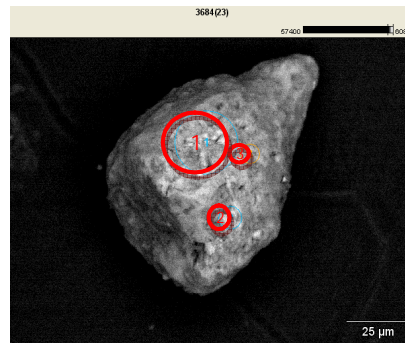
Obs.: Os picos dos elementos O e C são detectáveis no espectro, porém não podem ser quantificados por EDS.



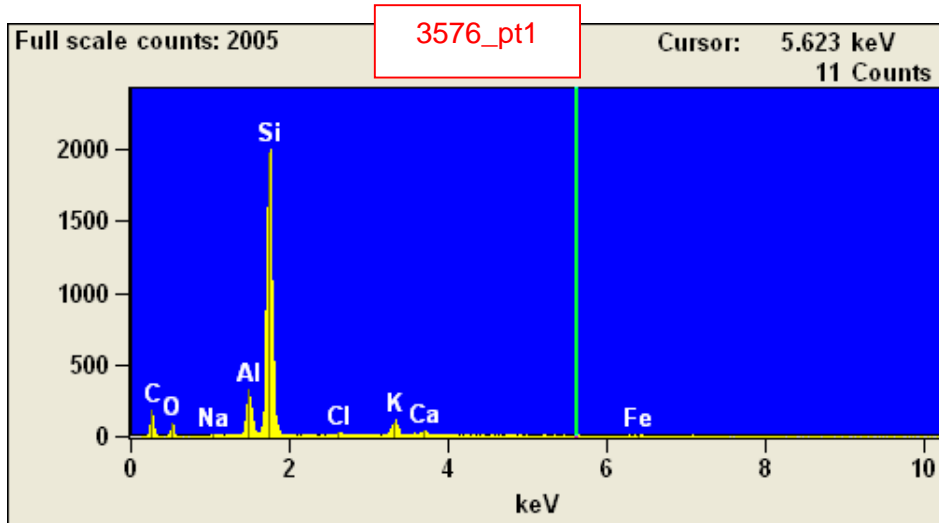
## 7.6.9 Amostra 3576 – Poço 11 (exemplar / foto 9)



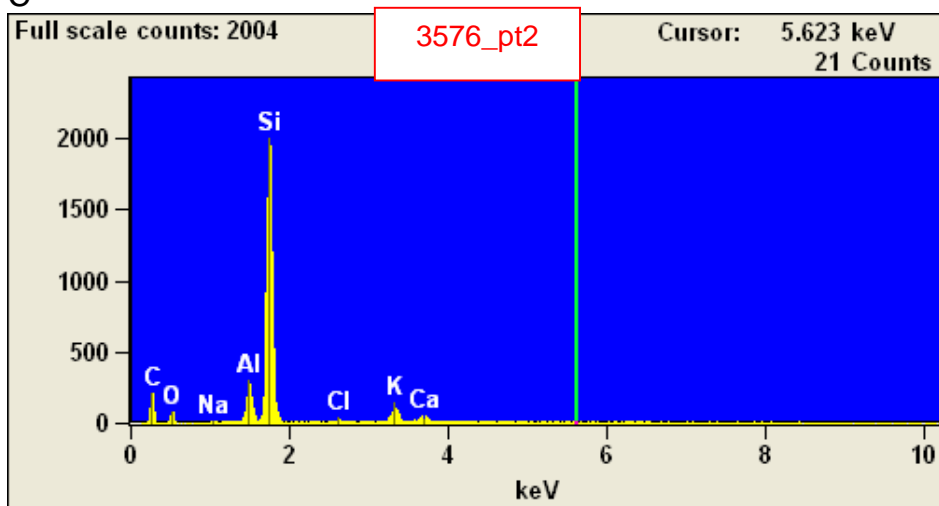
A



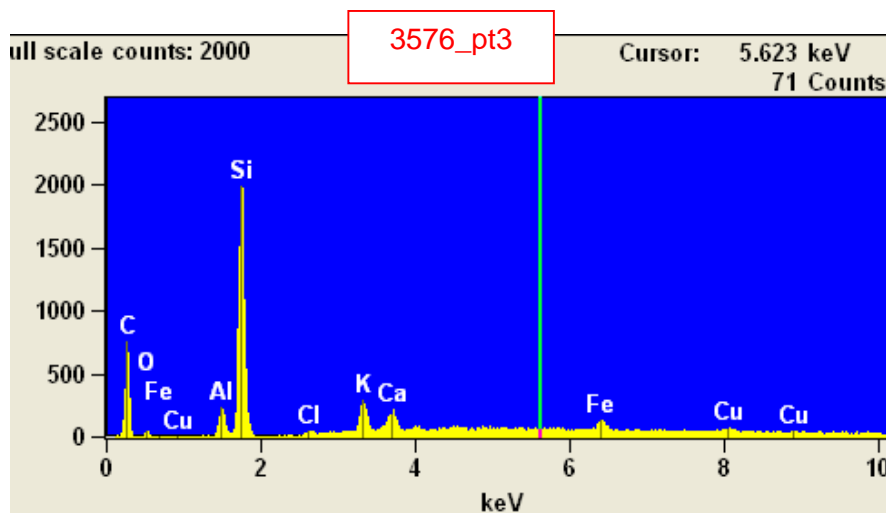
B



C



D



E

	O	Na	Al	Si	Cl	K	Ca	Fe	Cu
3576_pt1	49.36S	0.79	5.05	37.44	0.81	3.68	1.56	1.31	
3576_pt2	49.35S	0.81	4.59	37.99	0.73	4.60	1.92		
3576_pt3	44.19S		3.53	30.97	1.08	6.44	4.77	4.63	4.38

F

	Na2O	Al2O3	SiO2	Cl	K2O	CaO	Fe2O3	Cu2O
3576_pt1	---	1.07	9.54	0.81	4.43	2.19	1.87	
3576_pt2	---	1.10	8.66	0.73	5.54	2.68		
3576_pt3	---		6.67	1.08	7.76	6.67	6.62	4.93

G

Legenda:

A - Imagem por elétrons secundários (SE).

B - Imagem por elétrons retroespalhados (BSE) mostrando caráter aparentemente homogêneo da superfície da amostra.

C - Espectro da Área 1.

D - Espectro da Área 2.

E - Espectro da Área 3.

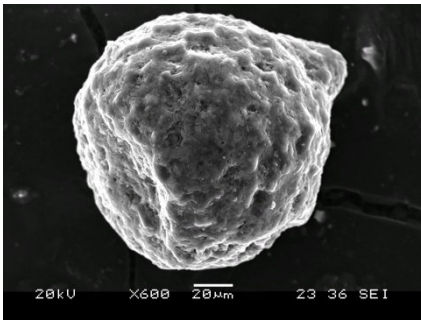
F - Porcentagem peso de cada elemento químico.

G - Porcentagem dos compostos químicos .

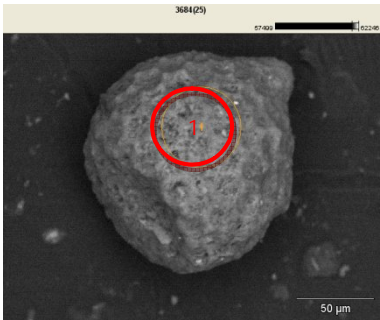
**Resultado:** As áreas 1, 2 e 3 selecionadas na fotomicrografia (visualmente diferentes), indicam os locais microanalisados por EDS, cujos 3 espectros evidenciam um alto pico de porcentagem peso de Si e picos menores de Al, Na, C, O, K, Ca, Fe, Cl, e Cu. A primeira tabela composicional apresenta o O e o Si com maiores percentuais de peso atômico (49,36% e 37,44% respectivos ao ponto 1, 49,35% e 37,99% respectivos ao ponto 2 e 44,19% e 30,97% respectivos ao ponto 3), e na segunda tabela confirma a maior taxa percentual de seu composto químico SiO<sub>2</sub>, respectivamente 80,09%, 81,28% e 66,26% nos pontos 1, 2 e 3. Dessa forma, conclui-se que o esqueleto é constituído basicamente por sílica (SiO<sub>2</sub>).

Obs.: Os picos dos elementos O e C são detectáveis no espectro, porém não podem ser quantificados por EDS

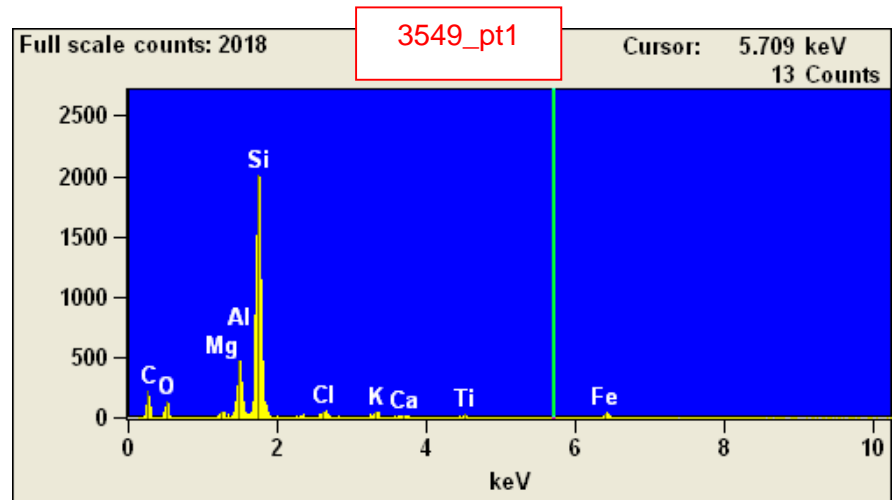
7.6.10 Amostra 3549 – Poço 11 (exemplar / foto 10)



A



B



C

	O	Mg	Al	Si	Cl	K	Ca	Ti	Fe
3549_pt1	49.26S	0.54	6.99	35.01	1.76	1.01	0.66	1.20	3.57

D

		MgO	Al2O3	SiO2	Cl	K2O	CaO	TiO2	Fe2O3
3549_pt1	---	0.89	13.21	74.89	1.76	1.21	0.93	2.00	5.10

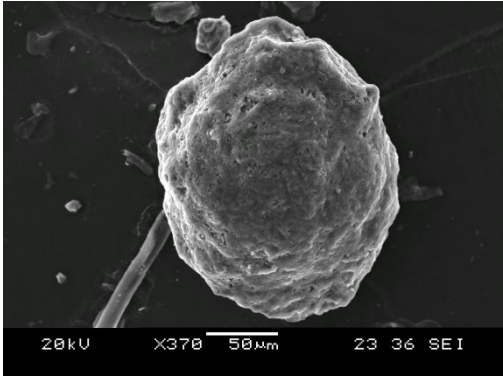
E

Legenda:  
A - Imagem por elétrons secundários (SE).  
B - Imagem por elétrons retroespalhados (BSE) mostrando caráter aparentemente homogêneo da superfície da amostra.  
C - Espectro da Área 1.  
D - Porcentagem peso de cada elemento químico.  
E - Porcentagem dos compostos químicos .

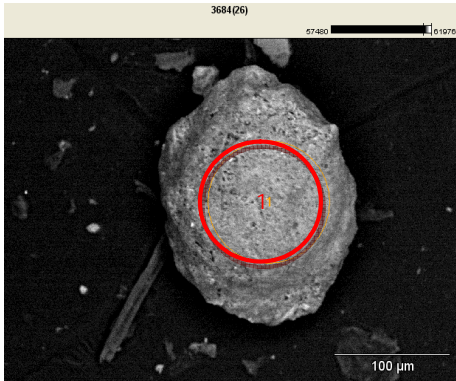
**Resultado:** A área 1 selecionada na fotomicrografia, indica local microanalisado por EDS, cujo espectro evidencia um alto pico de porcentagem peso de Si e picos menores de Al, Mg, C, O, K, Cl, Ca, Fe e Ti. A primeira tabela composicional apresenta o O e o Si com maiores percentuais de peso atômico, respectivamente 49,26% e 35,01%, e na segunda tabela confirma a maior taxa percentual de seu composto químico  $\text{SiO}_2$  (74,89%). Dessa forma, conclui-se que o esqueleto é constituído basicamente por sílica ( $\text{SiO}_2$ ).

Obs.: Os picos dos elementos O e C são detectáveis no espectro, porém não podem ser quantificados por EDS.

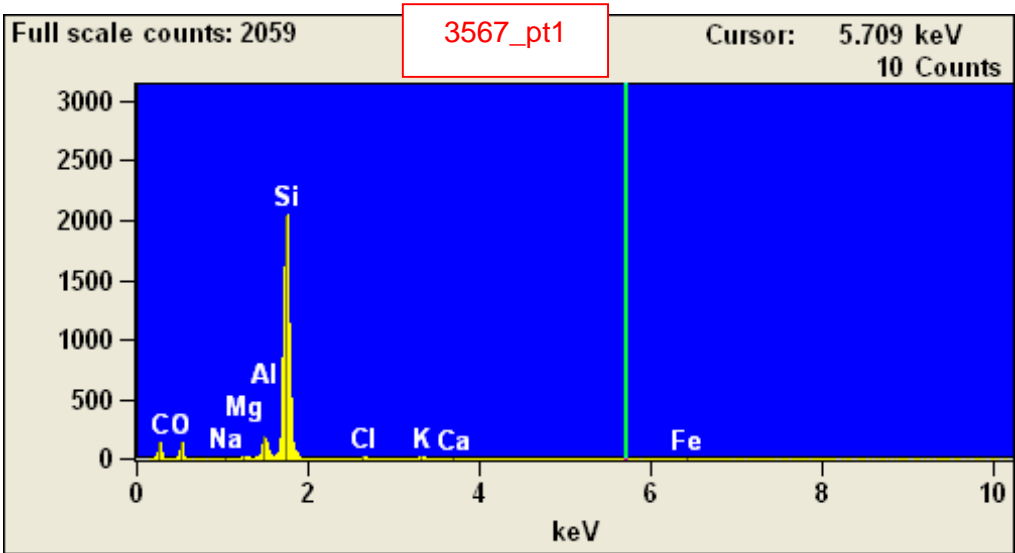
7.6.11 Amostra 3567 – Poço 11 (exemplar / foto 11)



A



B



C

	O	Na	Mg	Al	Si	Cl	K	Ca	Fe
3567_pt1	51.36S	0.42	0.34	2.66	41.86	0.79	0.71	0.52	1.34

D

		Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	Cl	K2O	CaO	Fe2O3
3567_pt1	---	0.57	0.56	5.02	89.56	0.79	0.86	0.73	1.91

E

Legenda:

A - Imagem por elétrons secundários (SE).

B - Imagem por elétrons retroespalhados (BSE) mostrando caráter aparentemente homogêneo da superfície da amostra.

C - Espectro da Área 1.

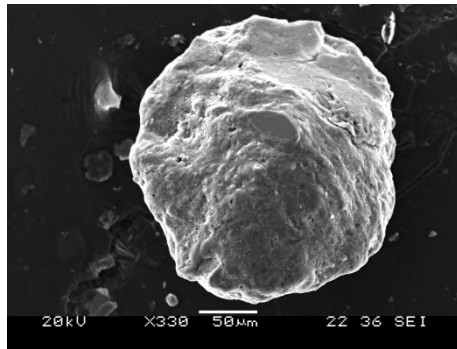
D - Porcentagem peso de cada elemento químico.

E - Porcentagem dos compostos químicos .

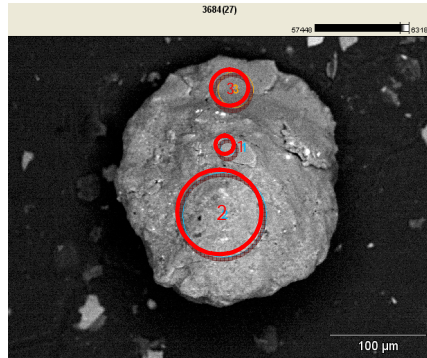
**Resultado:** A área 1 selecionada na fotomicrografia, indica local microanalisado por EDS, cujo espectro evidencia um alto pico de porcentagem peso de Si e picos menores de Al, Mg, Na, C, O, K, Cl, Fe e Ca. A primeira tabela composicional apresenta o O e o Si com maiores percentuais de peso atômico, respectivamente 51,36% e 41,86%, e na segunda tabela confirma a maior taxa percentual de seu composto químico  $\text{SiO}_2$  (89,56%). Dessa forma, conclui-se que o esqueleto é constituído basicamente por sílica ( $\text{SiO}_2$ ).

Obs.: Os picos dos elementos O e C são detectáveis no espectro, porém não podem ser quantificados por EDS.

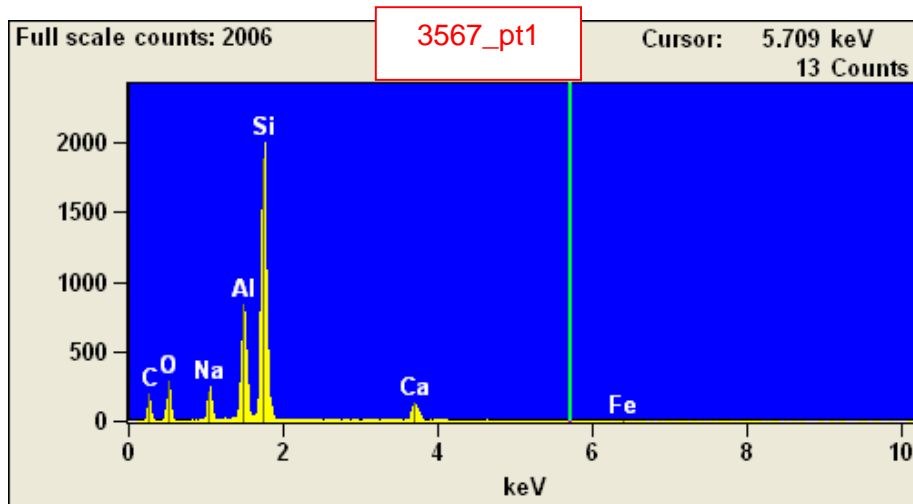
## 7.6.12 Amostra 3567 – Poço 11 (exemplar / foto 12)



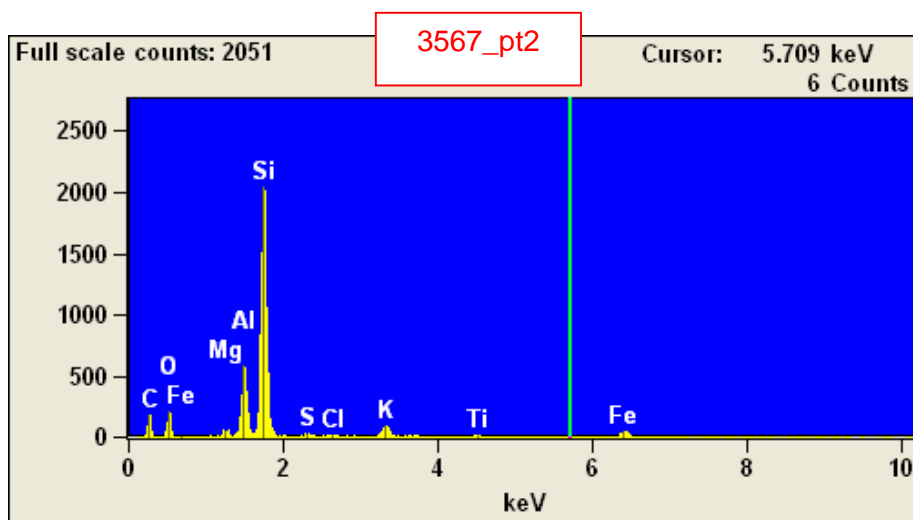
A



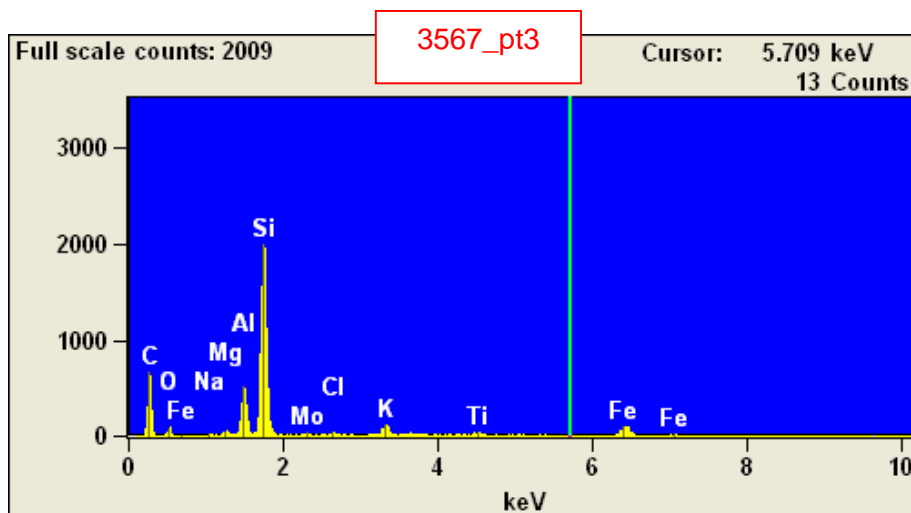
B



C



D



E

	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Fe	Mo
3567_pt1	48.13S	6.01		11.41	29.89				3.98		0.57	
3567_pt2	49.19S		0.89	8.72	32.37	0.63	0.38	2.40		0.91	4.51	
3567_pt3	47.47S	0.40	0.75	7.03	31.02		0.72	2.54		1.38	7.67	1.03

F

		Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	SO3	Cl	K2O	CaO	TiO2	Fe2O3	MoO3
3567_pt1	---	8.10		21.57	63.94				5.57		0.82	
3567_pt2	---		1.47	16.47	69.25	1.57	0.38	2.89		1.52	6.45	
3567_pt3	---	0.54	1.24	13.28	66.36		0.72	3.06		2.30	10.96	1.55

G

Legenda:

A - Imagem por elétrons secundários (SE).

B - Imagem por elétrons retroespalhados (BSE) mostrando caráter aparentemente homogêneo da superfície da amostra.

C - Espectro da Área 1.

D - Espectro da Área 2.

E - Espectro da Área 3.

F - Porcentagem peso de cada elemento químico.

G - Porcentagem dos compostos químicos .

**Resultado:** As áreas 1, 2 e 3 selecionadas na fotomicrografia (visualmente diferentes), indicam os locais microanalizados por EDS, cujos 3 espectros evidenciam altos picos de porcentagem peso de Si e Al e picos menores de Mg, Na, C, O, K, Ca, Fe, Cl, S, Ti e Mo. A primeira tabela composicional apresenta o O, o Si e o Al com maiores percentuais de peso atômico (48,13%, 29,89% e 11,41% respectivos ao ponto 1, 49,19%, 32,37% e 8,72% respectivos ao ponto 2 e 47,47%, 31,02% e 7,03 respectivos ao ponto 3), e na segunda tabela mostra a maior taxa percentual de compostos químicos de SiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, respectivamente 63,94% e 21,57%, 69,25% e 16,47%, 66,36% e 13,28% nos pontos 1, 2 e 3.

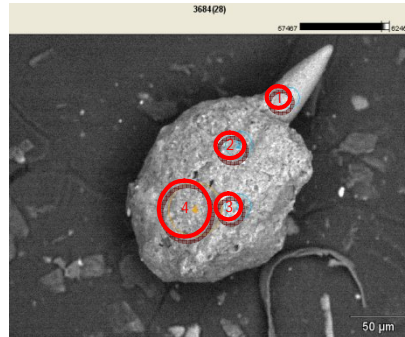
Obs.: Os picos dos elementos O e C são detectáveis no espectro, porém não podem ser quantificados por EDS



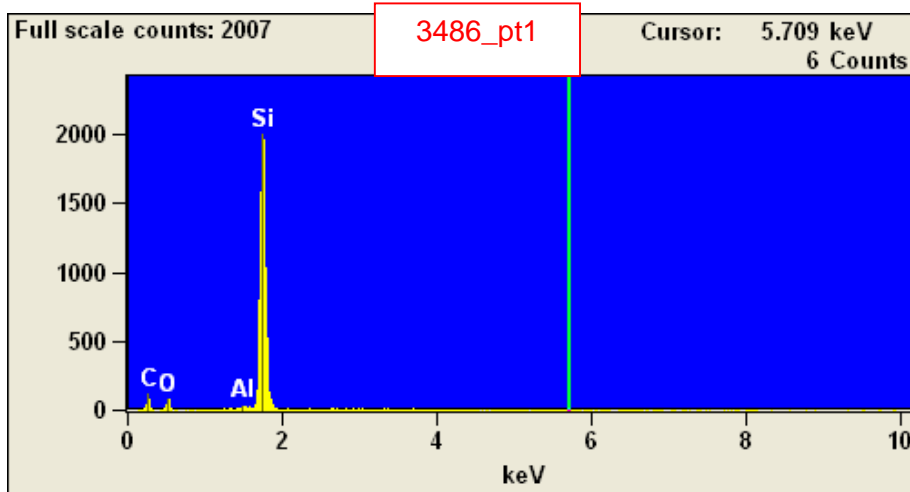
## 7.6.13 Amostra 3486 – Poço 11 (exemplar / foto 13)



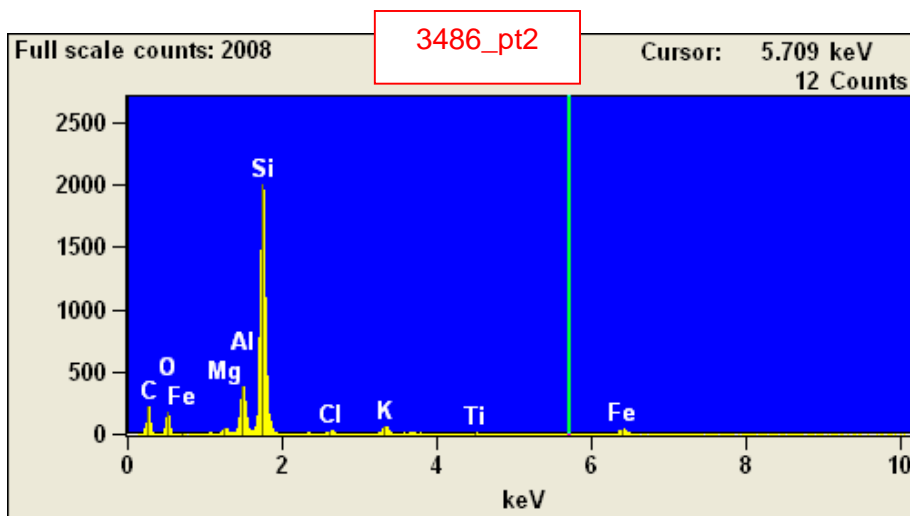
A



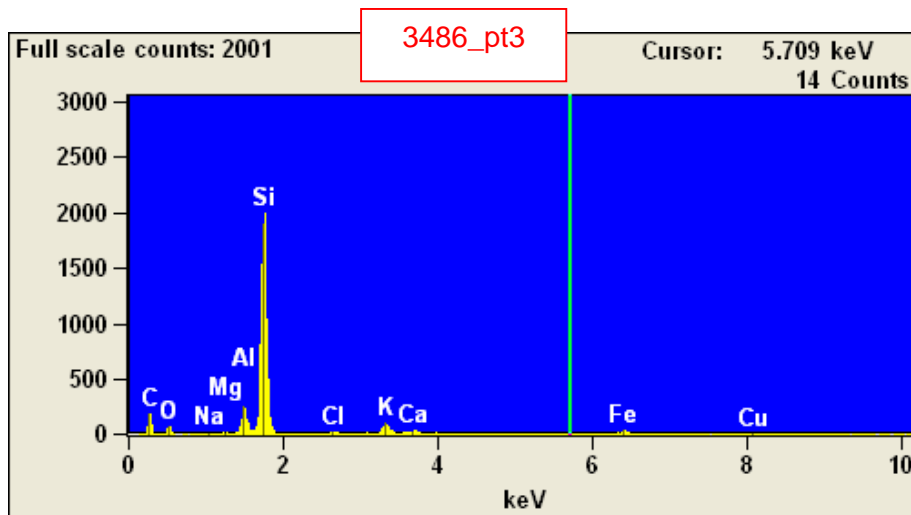
B



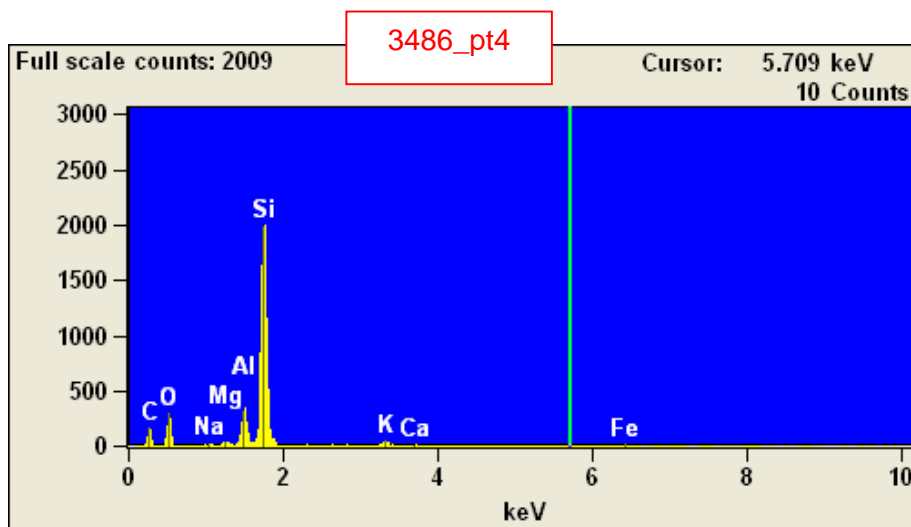
C



D



E



F

	O	Na	Mg	Al	Si	Cl	K	Ca	Ti	Fe	Cu
3486_pt1	53.23S			0.24	46.53						
3486_pt2	49.52S		0.63	6.25	36.00	0.88	2.30		0.67	3.76	
3486_pt3	48.89S	0.59	0.28	4.29	37.23	0.68	3.51	0.74		2.55	1.23
3486_pt4	50.39S	1.00	0.61	5.00	38.25		1.79	0.64		2.33	

G

	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	Cl	K2O	CaO	TiO2	Fe2O3	Cu2O
3486_pt1	---		0.46	99.54						
3486_pt2	---	1.05	11.80	77.01	0.88	2.77		1.12	5.38	
3486_pt3	---	0.80	0.46	8.12	0.68	4.23	1.04		3.64	1.38
3486_pt4	---	1.34	1.02	9.45		2.15	0.89		3.33	

H

Legenda:

A - Imagem por elétrons secundários (SE).

B - Imagem por elétrons retroespalhados (BSE) mostrando caráter aparentemente homogêneo da superfície da amostra.

C - Espectro da Área 1.

D - Espectro da Área 2.

E - Espectro da Área 3.

F - Espectro da Área 4.

G - Porcentagem peso de cada elemento químico.

H - Porcentagem dos compostos químicos .

**Resultado:** As áreas 1, 2, 3 e 4 selecionadas na fotomicrografia (visualmente diferentes), indicam os locais microanalizados por EDS, cujos 4 espectros evidenciam um alto pico de porcentagem peso de Si e picos menores de Al, Mg, Na, C, O, K, Fe, Cl, Ti, Ca e Cu. A primeira tabela composicional apresenta o O e o Si com maiores percentuais de peso atômico (53,23% e 46,53% respectivos ao ponto 1, 49,52% e 36,00% respectivos ao ponto 2, 48,89% e 37,23% respectivos ao ponto 3 e 50,39% e 38,25% respectivos ao ponto 4), e na segunda tabela confirma a maior taxa percentual de seu composto químico  $\text{SiO}_2$ , respectivamente 99,54%, 77,01%, 79,66% e 81,82% nos pontos 1, 2, 3 e 4. Dessa forma, conclui-se que o esqueleto é constituído basicamente por sílica ( $\text{SiO}_2$ ).

De acordo com a tabela percentual do composto químico da área 1, observa-se que o resultado da análise em EDS mostrou que 99,54% é de  $\text{SiO}_2$ , indicando que nesse ponto o espinho está preservado e constituído quase totalmente de sílica.

Obs.: Os picos dos elementos O e C são detectáveis no espectro, porém não podem ser quantificados por EDS

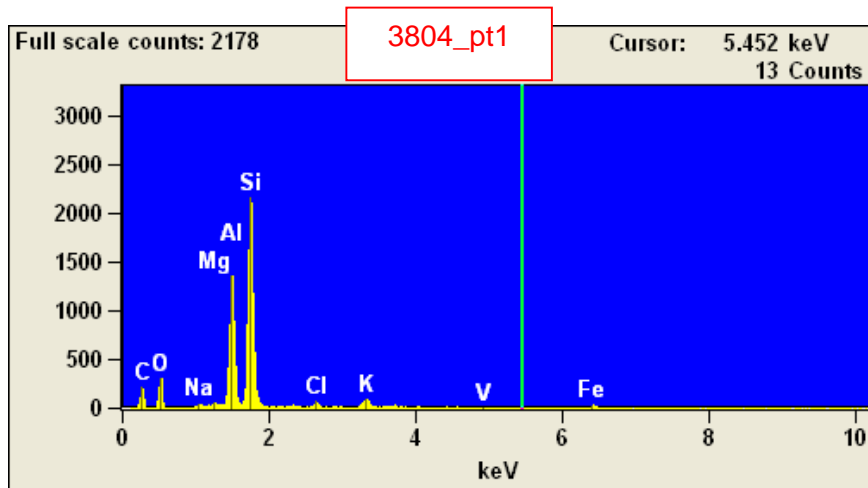
### 7.6.14 Amostra 3804 – Poço 12 (exemplar / foto 14)



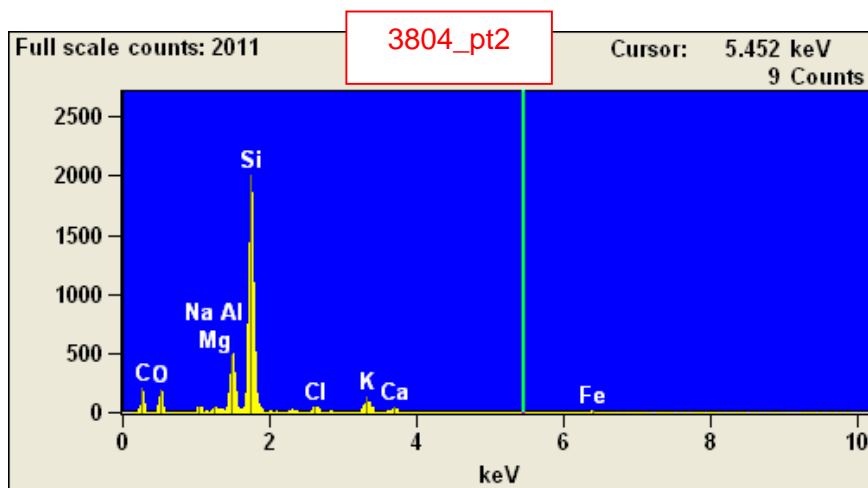
A



B



C



	O	Na	Mg	Al	Si	Cl	K	Ca	Fe
3804_pt1	49.01S	0.66	0.14	15.66	29.31	1.11	2.03		1.93
3804_pt2	48.33S	1.98	0.56	7.83	33.73	1.40	3.27	1.28	1.63

E

	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	Cl	K2O	CaO	Fe2O3
3804_pt1	---	0.89	0.24	29.60	62.69	1.11	2.44	2.76
3804_pt2	---	2.67	0.93	14.79	72.16	1.40	3.93	1.79

F

Legenda:

A - Imagem por elétrons secundários (SE).

B - Imagem por elétrons retroespalhados (BSE) mostrando caráter aparentemente homogêneo da superfície da amostra.

C - Espectro da Área 1.

D - Espectro da Área 2.

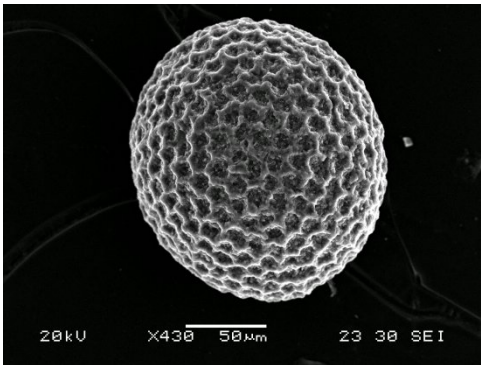
E - Porcentagem peso de cada elemento químico.

F - Porcentagem dos compostos químicos .

**Resultado:** As áreas 1, e 2 selecionadas na fotomicrografia (visualmente diferentes), indicam os locais microanalisados por EDS, cujos 2 espectros evidenciam altos picos de porcentagem peso de Si e Al e picos menores de Mg, Na, C, O, K, Ca, Fe e Cl. A primeira tabela composicional apresenta o O, o Si e o Al com maiores percentuais de peso atômico (49,01%, 29,31% e 15,66% respectivos ao ponto 1 e 48,33%, 33,73% e 7,83% respectivos ao ponto 2), e na segunda tabela mostra a maior taxa percentual de compostos químicos de SiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, respectivamente 62,69% e 29,60%, 72,16% e 14,79% nos pontos 1 e 2.

Obs.: Os picos dos elementos O e C são detectáveis no espectro, porém não podem ser quantificados por EDS

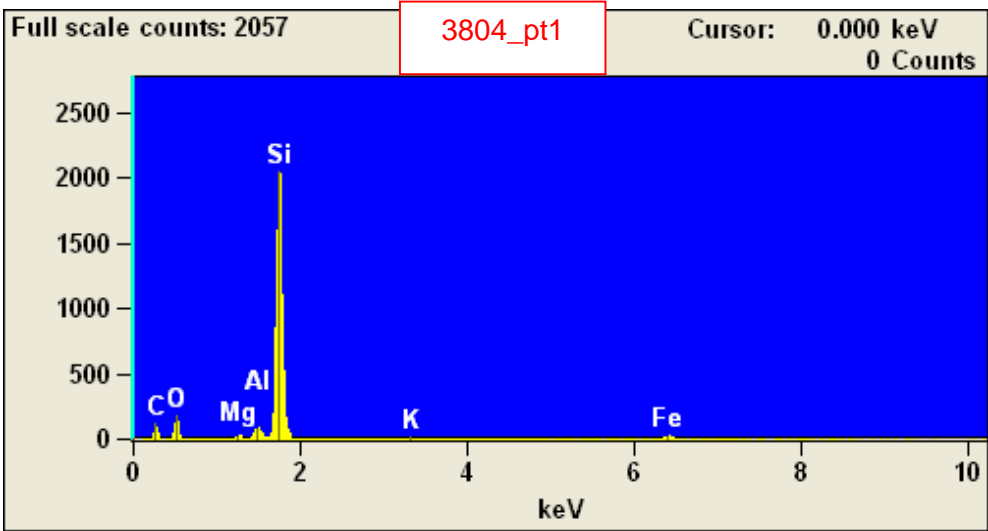
7.6.15 Amostra 3804 – Poço 12 (exemplar / foto 15)



A



B



C

	O	Mg	Al	Si	K	Fe
3804_pt1	51.50S	0.51	1.31	42.41	0.66	3.62

D

		MgO	Al2O3	SiO2	K2O	Fe2O3
3804_pt1	---	0.84	2.47	90.73	0.79	5.17

E

Legenda:  
A - Imagem por elétrons secundários (SE).  
B - Imagem por elétrons retroespalhados (BSE) mostrando caráter aparentemente homogêneo da superfície da amostra.  
C - Espectro da Área 1.  
D - Porcentagem peso de cada elemento químico.  
E - Porcentagem dos compostos químicos .

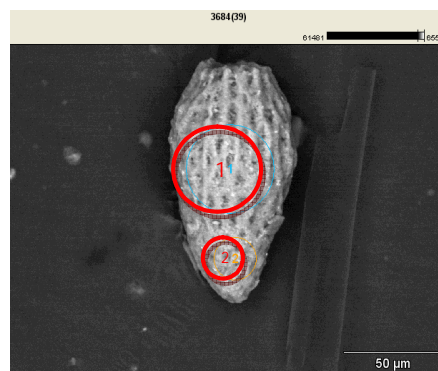
**Resultado:** A área 1 selecionada na fotomicrografia, indica local microanalisado por EDS, cujo espectro evidencia um alto pico de porcentagem peso de Si e picos menores de Al, Mg, C, O, K e Fe. A primeira tabela composicional apresenta o O e o Si com maiores percentuais de peso atômico, respectivamente 51,50% e 42,41%, e na segunda tabela confirma a maior taxa percentual de seu composto químico  $\text{SiO}_2$  (90,73%). Dessa forma, conclui-se que o esqueleto é constituído basicamente por sílica ( $\text{SiO}_2$ ).

Obs.: Os picos dos elementos O e C são detectáveis no espectro, porém não podem ser quantificados por EDS.

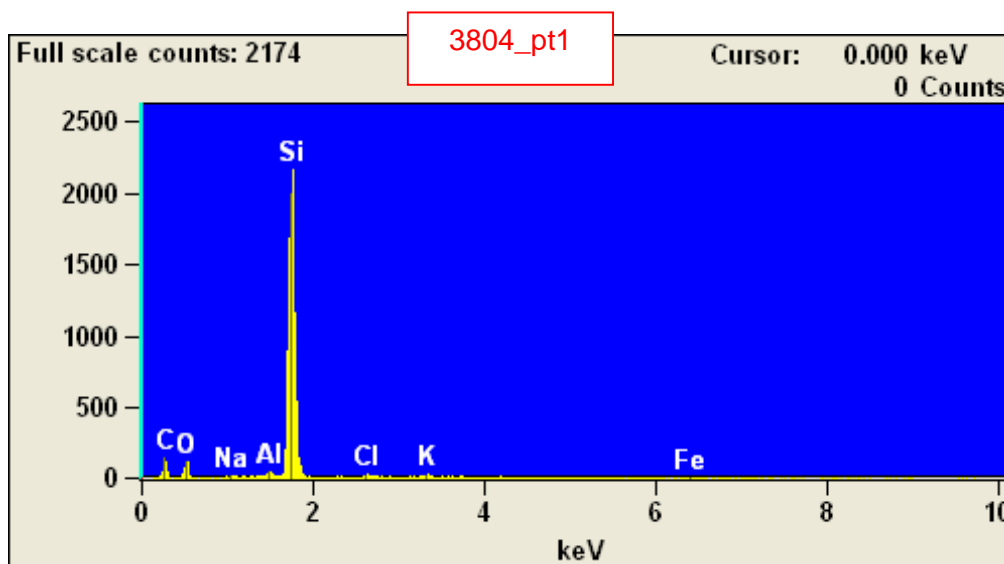
#### 7.6.16 Amostra 3804 – Poço 12 (exemplar / foto 16)



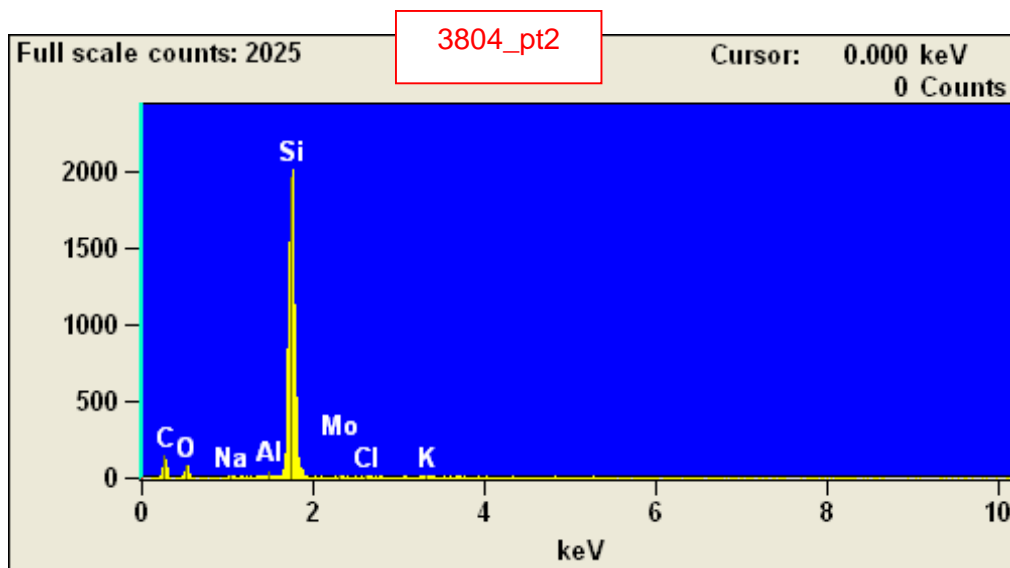
A



B



C



D

	O	Na	Al	Si	Cl	K	Fe
3804_pt1	51.49S	0.91	0.50	43.94	1.15	0.88	1.13
3804_pt2	51.67S	1.05	0.46	43.99	0.58	1.21	

E

	Na <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Cl	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
3804_pt1	---	1.23	0.95	93.99	1.06	1.61
3804_pt2	---	1.42	0.87	94.11	0.58	1.45

F

Legenda:

A - Imagem por elétrons secundários (SE).

B - Imagem por elétrons retroespalhados (BSE) mostrando caráter aparentemente homogêneo da superfície da amostra.

C - Espectro da Área 1.

D - Espectro da Área 2.

E - Porcentagem peso de cada elemento químico.

F - Porcentagem dos compostos químicos .

**Resultado:** As áreas 1 e 2 selecionadas na fotomicrografia (visualmente diferentes), indicam os locais microanalisados por EDS, cujos 2 espectros evidenciam um alto pico de porcentagem peso de Si e picos menores de Al, Na, C, O, K, Cl e Fe. A primeira tabela composicional apresenta o O e o Si com maiores percentuais de peso atômico (51,94% e 43,94% respectivos ao ponto 1 e 51,67% e 43,99% respectivos ao ponto 2), e na segunda tabela confirma a maior taxa percentual de seu composto químico SiO<sub>2</sub>, respectivamente 93,99% e 94,11% nos pontos 1 e 2. Dessa forma, conclui-se que o esqueleto é constituído basicamente por sílica (SiO<sub>2</sub>).

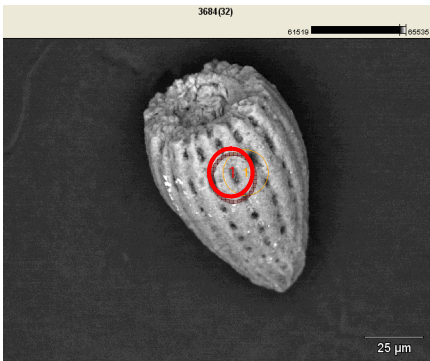
Obs.: Os picos dos elementos O e C são detectáveis no espectro, porém não podem ser quantificados por EDS.



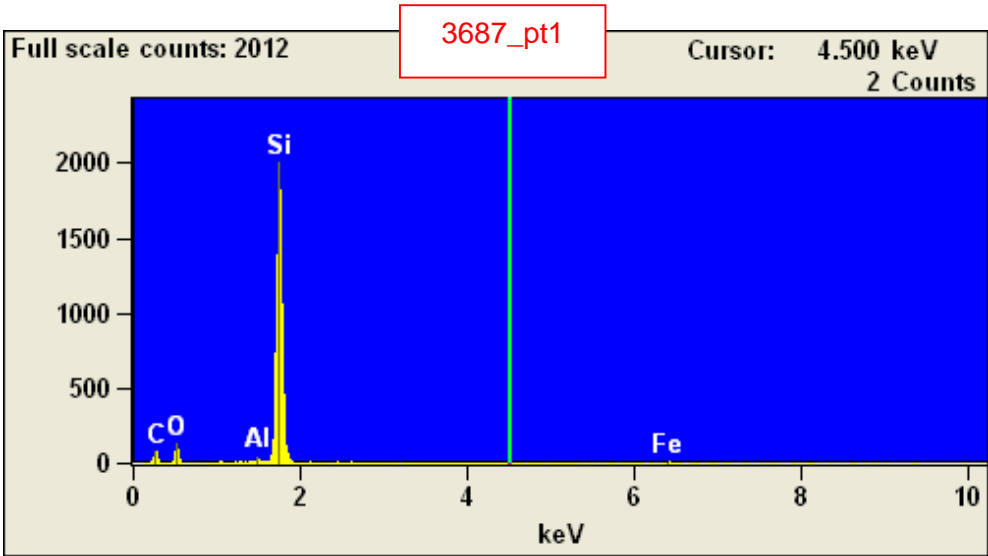
7.6.17 Amostra 3687 – Poço 12 (exemplar / foto 17)



A



B



C

	O	Al	Si	Fe
3687_pt1	52.60S	0.44	45.14	1.82

D

		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
3687_pt1	---	0.84	96.56	2.60

E

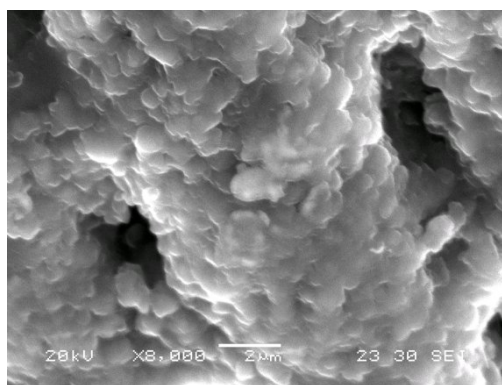
Legenda:  
A - Imagem por elétrons secundários (SE).  
B - Imagem por elétrons retroespalhados (BSE) mostrando caráter aparentemente homogêneo da superfície da amostra.  
C - Espectro da Área 1.  
D - Porcentagem peso de cada elemento químico.  
E - Porcentagem dos compostos químicos .

**Resultado:** A área 1 selecionada na fotomicrografia, indica local microanalisado por EDS, cujo espectro evidencia um alto pico de porcentagem peso de Si e picos menores de Al, C, O e Fe. A primeira tabela composicional apresenta o O e o Si com maiores percentuais de peso atômico, respectivamente 52,60% e 45,14%, e na segunda tabela confirma a maior taxa percentual de seu composto químico  $\text{SiO}_2$  (96,56%). Dessa forma, conclui-se que o esqueleto é constituído basicamente por sílica ( $\text{SiO}_2$ ).

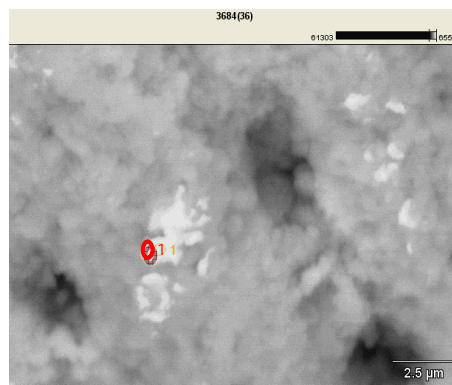
De acordo com a tabela percentual do composto químico, observa-se que o resultado da análise em EDS mostrou que 96,56% é de  $\text{SiO}_2$ , indicando que nesse ponto o esqueleto está preservado e constituído quase totalmente de sílica.

Obs.: Os picos dos elementos O e C são detectáveis no espectro, porém não podem ser quantificados por EDS

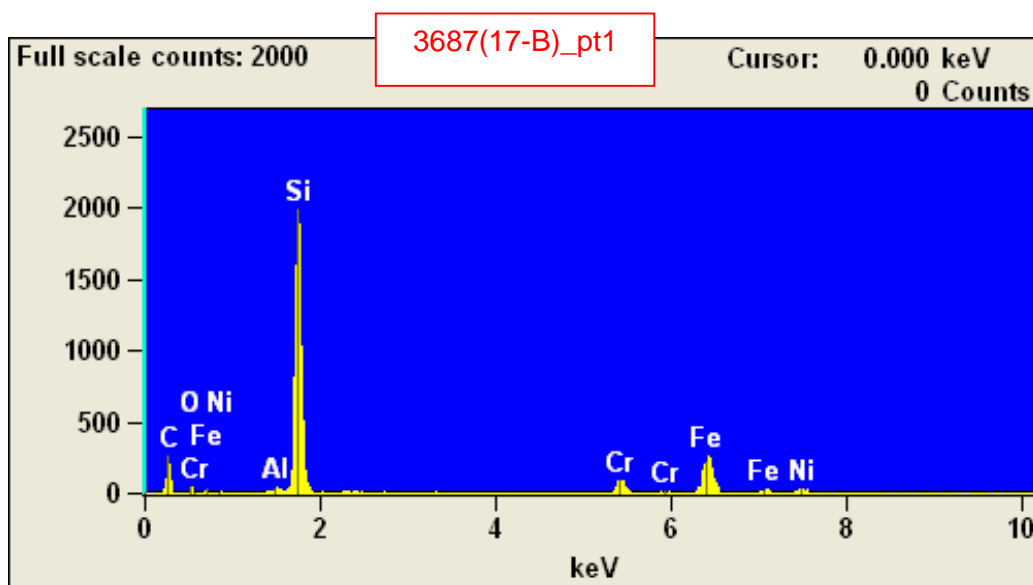
#### 7.6.17.1 Detalhe da foto 17-B



A



B



C

	O	Al	Si	Cr	Fe	Ni
3687(17-B)_pt1	44.32S	0.15	29.28	4.34	18.17	3.73

D

		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NiO
3687(17-B)_pt1	---	0.27	62.64	6.35	25.98	4.75

E

Legenda:

A - Detalhe da foto 17-B, imagem por elétrons secundários (SE)

B - Detalhe da foto 17-B, imagem por BSE. Abaixo os espectros e tabelas composicionais dos pontos indicados na foto. Indicando uma possível contaminação da amostra com fragmentos de aço inox.

C - Espectro da Área 1.

D - Porcentagem peso de cada elemento químico.

E - Porcentagem dos compostos químicos .

**Resultado:** A área 1 em detalhe da foto 17-B apresenta taxas de Cr, Fe e Ni, indicando uma possível contaminação da amostra com fragmentos de aço inox (segundo Rogério Martins BPA-CENPES/Petrobras, técnico químico responsável pelas análises, em comunicação pessoal), sendo identificado nas tabelas percentuais de peso (Si - 29,28% e Fe - 18,17%) e compostos químicos (SiO<sub>2</sub> - 62,64% e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 25,98%).

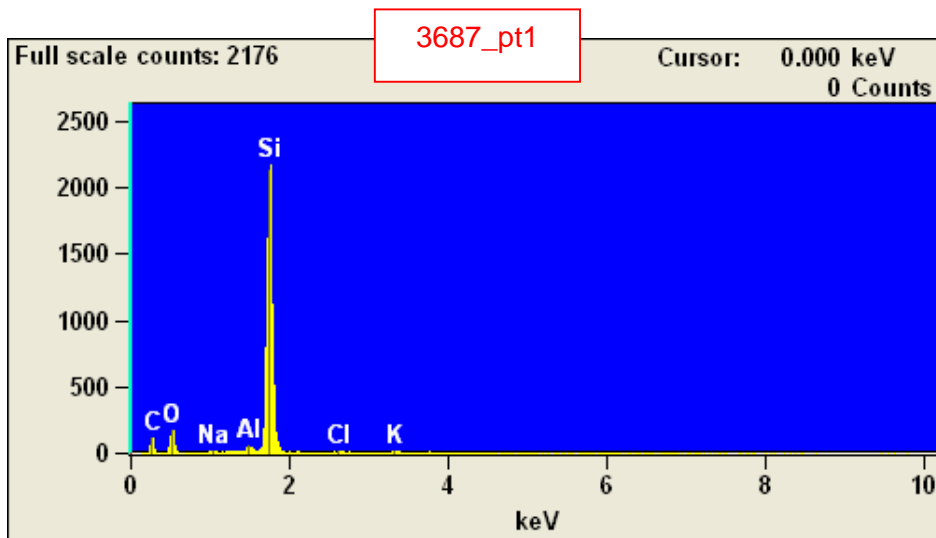
7.6.18 Amostra 3687 – Poço 12 (exemplar / foto 18)



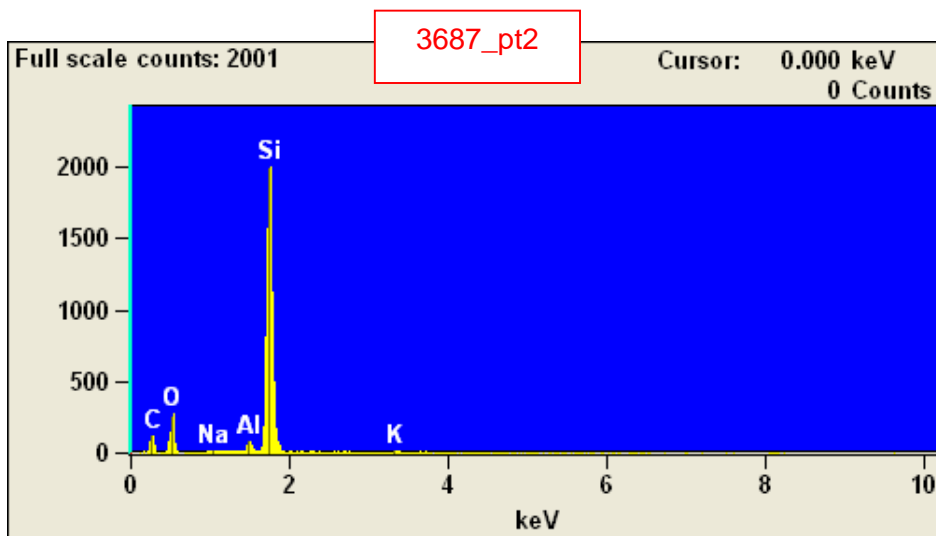
A



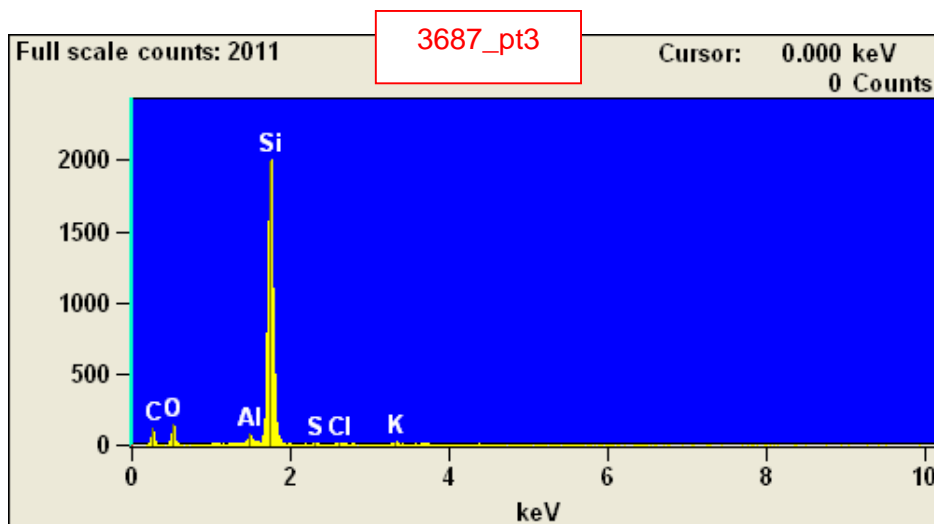
B



C



D



E

	O	Na	Al	Si	S	Cl	K
3687_pt1	52.30S	0.90	0.72	44.93		0.41	0.75
3687_pt2	52.54S	0.83	1.17	44.84			0.63
3687_pt3	52.47S		1.04	44.23	0.63	0.61	1.03

F

	Na2O	Al2O3	SiO2	SO3	Cl	K2O
3687_pt1	---	1.21	1.36	96.12	0.41	0.90
3687_pt2	---	1.11	2.21	95.92		0.75
3687_pt3	---	1.97	94.62	1.57	0.61	1.24

G

Legenda:

A - Imagem por elétrons secundários (SE).

B - Imagem por elétrons retroespalhados (BSE) mostrando caráter aparentemente homogêneo da superfície da amostra.

C - Espectro da Área 1.

D - Espectro da Área 2.

E - Espectro da Área 3.

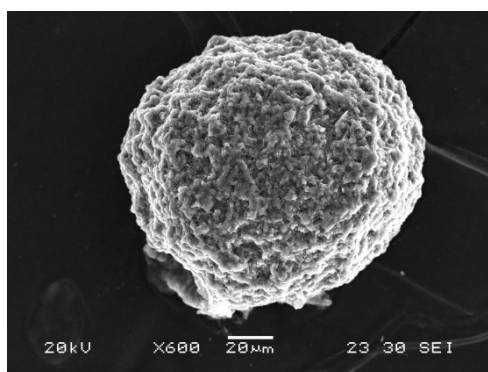
F - Porcentagem peso de cada elemento químico.

G - Porcentagem dos compostos químicos.

**Resultado:** As áreas 1, 2 e 3 selecionadas na fotomicrografia (visualmente diferentes), indicam os locais microanalisados por EDS, cujos 3 espectros evidenciam um alto pico de porcentagem peso de Si e picos menores de Al, Na, C, O, K, Cl, e S. A primeira tabela composicional apresenta o O e o Si com maiores percentuais de peso atômico (52,30% e 44,93% respectivos ao ponto 1; 52,54% e 44,84% respectivos ao ponto 2 e 52,47% e 44,23% respectivos ao ponto 3), e na segunda tabela confirma a maior taxa percentual de seu composto químico SiO<sub>2</sub>, respectivamente 96,12%, 95,92% e 94,62% nos pontos 1, 2 e 3. Dessa forma, conclui-se que o esqueleto é constituído basicamente por sílica (SiO<sub>2</sub>).

Obs.: Os picos dos elementos O e C são detectáveis no espectro, porém não podem ser quantificados por EDS

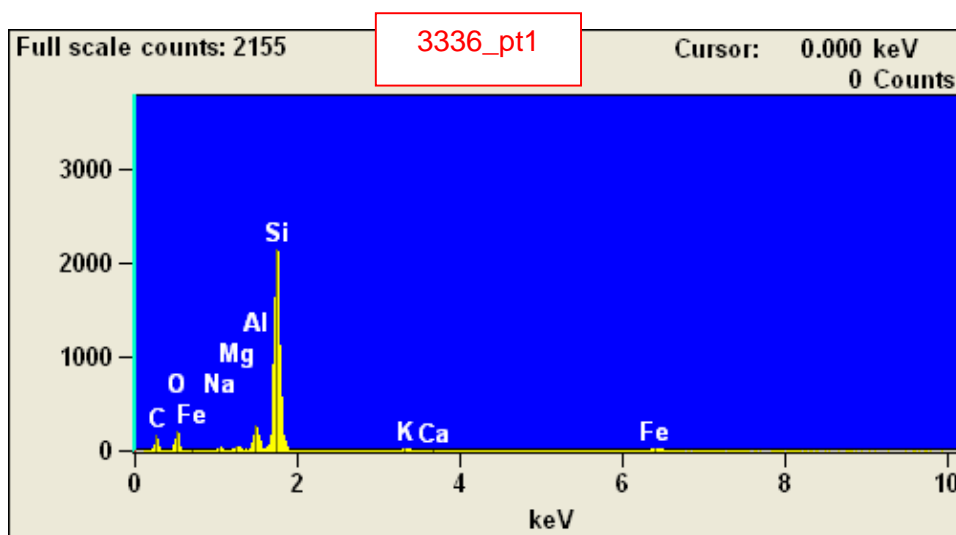
### 7.6.19 Amostra 3336 – Poço 12 (exemplar / foto 19)



A



B



C

	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe
3336_pt1	50.18S	1.75	0.97	3.84	38.31	1.09	0.45	3.40

D

		Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	Fe2O3
3336_pt1	---	2.36	1.62	7.26	81.95	1.31	0.63	4.87

E

#### Legenda:

A - Imagem por elétrons secundários (SE).

B - Imagem por elétrons retroespalhados (BSE) mostrando caráter aparentemente homogêneo da superfície da amostra.

C - Espectro da Área 1.

D - Porcentagem peso de cada elemento químico.

E - Porcentagem dos compostos químicos .

**Resultado:** A área 1 selecionada na fotomicrografia, indica local microanalisado por EDS, cujo espectro evidencia um alto pico de porcentagem peso de Si e picos menores de Al, Mg, C, O, Na, K, Ca e Fe. A primeira tabela composicional apresenta o O e o Si com maiores percentuais de peso atômico, respectivamente 50,18% e 38,31%, e na segunda tabela confirma a maior taxa percentual de seu composto químico  $\text{SiO}_2$  (81,95%). Dessa forma, conclui-se que o esqueleto é constituído basicamente por sílica ( $\text{SiO}_2$ ).

Obs.: Os picos dos elementos O e C são detectáveis no espectro, porém não podem ser quantificados por EDS

## 8 CONCLUSÕES

- Através das microanálises dos elementos químicos foram evidenciadas alterações diagenéticas (recristalização e substituição) em todos os esqueletos dos exemplares selecionados para estudo. Outros tipos de alterações compreendem dissolução e deformação.

### **Quanto à Dissolução e Deformação:**

Foram identificados exemplares preservados na forma de moldes internos (esqueleto original dissolvido) e alguns indivíduos com esqueleto alterado mecanicamente (achatados).

- Dois tipos de alterações diagenéticas mais importantes foram também observados: substituição e recristalização.

### **Quanto à Substituição:**

Alguns esqueletos apresentaram indícios de substituição, devido ao registro dos elementos Al, Ca, C, Fe, Mg, Na, Mn, K, Cl, S e Ti, embora em valores baixos. Nestes mesmos indivíduos o elemento presente em maior concentração é o silício. A presença dos elementos Mg, Ca, Na, Al e K identificados no EDS, pode ser explicada como elementos traço na composição original das paredes dos esqueletos dos radiolários. Outra possível interpretação para a presença dos elementos químicos citados acima é a contaminação por argilo-minerais, que poderiam estar aderidos à parede dos radiolários e que não foram eliminados durante a preparação das amostras.

Foi identificada uma alta concentração de  $\text{FeS}_2$  em um dos exemplares analisados, indicando uma possível substituição. O resultado dessa análise foi comprovado pela observação, no próprio exemplar, de estruturas com a morfologia de pirita framboidal.

### **Quanto à Recristalização:**

A recristalização é o processo diagenético identificado na maior parte dos exemplares analisados. Foi evidenciado pelas altas taxas de silício registradas nos espectrogramas e confirmado pelas altas porcentagens peso de  $\text{SiO}_2$ . São evidências da passagem da sílica hidratada opala A (orgânica e hidratada) instável original para a fase mais estável (calcedônia/quartzo).

As microanálises químicas dos radiolários realizadas no EDS permitiram identificar a composição química possibilitando reconhecer as alterações sofridas pelos esqueletos originais. No entanto, essas análises não são suficientes para que se possam entender todas as etapas do processo diagenético de recristalização (a sílica amorfa biogênica, passa da fase instável de opala A (orgânica e hidratada) para uma fase de opala A' (inorgânica) e converte-se em opala CT (tridimita / cristobalita) sob a forma de lepisferas antes de se transformar na fase mais estável (calcedônia / quartzo).



- **Sugestões para estudos futuros**

Com o objetivo de ampliar o conhecimento dos processos diagenéticos que acompanham a recristalização dos esqueletos dos radiolários sugere-se a realização de análises de difratometria de raios-X. Este estudo permitirá identificar todas as etapas de transformação diagenética a partir da fase instável da sílica biogênica (opala A) seguindo os próximos estágios (opala A', opala CT) até a fase estável de quartzo. Na geologia de reservatórios, os estudos dos processos diagenéticos das rochas reservatório são sumamente importantes para o reconhecimento de todos os fatores que atuaram ou influenciaram na porosidade e permeabilidade das rochas desses intervalos.

## 9 BIBLIOGRAFIA CITADA

- BUENO, G.V., ZACHARIAS, A.A., OREIRO, S.G., J. P., CUPERTINO, J.A., FALKENHEIN, F.U.H. & MARTINS NETO, M.A. 2007. Bacia de Pelotas. *Boletim de Geociências da Petrobras*, V.15(2): 551-560.
- DE WEVER, P., DUMITRICA, P., CAULET, J. P., NIGRINI, C. & CARIDROIT, M. 2001. *Radiolarians in the sedimentary record*. Gordon & Breach Science Publ., 533 p.
- FOREMAN, H. P. 1973. Radiolaria of Leg 10 with systematics and ranges for the families Amphipyndacidae, Artostrobiidae, and Theoperidae. In Worzel, J.L., Bryant, W., et al., *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*. DSDP, 10: 407-474.
- FOREMAN, H. P. 1975. Radiolaria from the North Pacific, Deep Sea Drilling Project, Leg 32. In Larson, R.L., Moberly, R., et al., *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*. DSDP, 32: 579-676.
- FOREMAN, H. P. 1977. Mesozoic Radiolaria from the Atlantic basin and its borderlands. In: *Stratigraphic Micropaleontology of Atlantic Basin and Borderlands*, ed F. M. Swain, p. 305-320, Elsevier, Amsterdam.
- FRANÇA, R.L.; DEL REY, A.C. & TAGLIARI, C.V. 2007. Bacia do Espírito Santo. *Boletim de Geociências da Petrobras*, V.15(2): 501-509.
- HOLLIS, C. J. 1993. Latest Cretaceous to Late Paleocene radiolarian biostratigraphy: A New zonation from the New Zealand region. *Marine Micropaleontology*. 21: 295-327.
- HOLLIS, C. J. 1997. Cretaceous-Paleocene Radiolaria from the Eastern Marlborough, New Zealand. *Institute of Geological and Nuclear Sciences Monograph*. V.17, 152pp.
- HOLLIS, C. J. 2002. Biostratigraphy and paleoceanographic significance of Paleocene radiolarians from offshore eastern New Zealand. *Marine Micropaleontology*. 46: 267-316.

- MOORE, T. 1971. Radiolaria. In Tracey, J.I., Jr., Sutton, G.H., et al., *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*. DSDP, 8: Washington (U.S. Govt. Printing Office), p. 727-775.
- MOORE, T. C. 1973. Radiolaria from Leg 17 of the Deep Sea Drilling Project. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 17: 797-869.
- NIGRINI, C. & SANFILIPPO, A. 1992. Cenozoic radiolarian stratigraphy for low and middle latitudes with descriptions of biomarkers and stratigraphically useful species. ODP, Technical Note 27.
- NIGRINI, C. & SANFILIPPO, A. 2000. Paleogene radiolarians from sites 998,999 and 1001 in the Caribbean. In: Leckie, R.M. et al. Proc. of the *Ocean Drilling Program*, Sci. Results: College Station, TX., 165: 57-81.
- NISHIMURA, A. 1992. Paleocene radiolarian biostratigraphy in the northwest Atlantic at Site 384, Leg 43, of the *Deep Sea Drilling Project*. *Micropaleontology*, 38(4): 317-362.
- PESSAGNO, E. 1977. Radiolaria in Mesozoic Stratigraphy. In: Ramsay, A.T.S., ed. *Oceanic Micropaleontology*. Academic Press, London. 2: 913-950.
- PESSAGNO, E. A. 1976. Radiolarian zonation and stratigraphy of the Upper Cretaceous portion of the Great Valley Sequence, California Coast Ranges. *Micropaleontology*, Special Publication, 2: 1-95, 14 pls.
- RIEDEL, W. R. & SANFILIPPO, A. 1974. Radiolaria from the southern Indian Ocean, DSDP Leg 26. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*. Proj., 26: 771-814.
- RIEDEL, W. R., & SANFILIPPO, A. 1978a. Stratigraphy and evolution of tropical Cenozoic radiolarians. *Micropaleontology*, 24: 61-96.
- RIEDEL, W. R., & SANFILIPPO, A. 1978b. Radiolaria. In Zachariasse, W.J., Riedel, W. R., Sanfilippo, A., Schmidt, R. R., Brolsma, M. J., Schrader, H. J., Gersonde, R., Drooger, M. M., and Broekman, J. A. (Eds.), *Micropaleontological Counting Methods and Techniques An Exercise on an Eight Metres Section of the Lower Pliocene of Capo Rossello, Sicily*. *Utrecht Micropaleontol. Bull.*, 17: 81-128.
- SANFILIPPO, A. & NIGRINI, C. 1998. Code numbers for Cenozoic low latitude radiolarian biostratigraphic zones and GPTS conversion tables. *Marine Micropaleontology*, 33: 109-156.
- SANFILIPPO, A. & RIEDEL, W. R. 1989. Cretaceous Radiolaria. In: Bolli, H. M., Saunders, J. B. & Perch-Nielsen, K. (Eds). *Plankton Stratigraphy*, Cambridge (Cambridge Univ. Press), 2nd ed., p. 573-630.
- SANFILIPPO, A., WESTBERG-SMITH, M. J., & RIEDEL, W. R., 1989. Cenozoic Radiolaria. In Bolli, H. M., Saunders, J. B., & Perch-Nielsen, K. (Eds.), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge (Cambridge Univ. Press), 2nd ed., p. 631-712.

VIEIRA, R.A.B.; MENDES, P.M.; VIEIRA, P.E.; COSTA, L.A.R.; TAGLIARI, C.V.; BACELAR, L.A.P. & FEIJÓ, F.J. 1994. Bacias do Espírito Santo e Mucuri. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 8(1): 191-202.

## 10 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ALVES, D.B., SILVA, C.M.A., SANTOS, V.S.S., VIVIERS, M.C., STROHSCHOEN, O.J., ANDRADE, S.B. 2004 Rochas pelíticas ricas em radiolários: exemplo de um marco estratigráfico. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 42 Araxá – MG, Resumo Número - 2894 (mídia digital).

ANDERSON, O.R. 1983. Radiolarian Fine Structure and Cellular Specialization – Skeletal Structure and Morphogenesis. *In: ANDERSON O.R., ed. Radiolaria*. Springer-Verlag New York Inc, New York, USA, p.125 -155.

DE WEVER, P., AZÉMA, J. and FOURCADE, E., 1994. Radiolares et radiolarites: production primaire, diagenèse et paléogéographie (Radiolarians and radiolarites: primary production, diagenesis and paleogeography). *Bulletin Centres de Recherche, Elf*, 18 (1): 315 – 379.

EILERT, V.P.; FAUTH, S.B. & SOUZA, V. 2004. Radiolários. *In: CARVALHO, I.S. (ed.) Paleontologia*. Editora Interciência, 2ª edição, p. 297-310.

JOHNSON, D. A. 1977. Cenozoic Radiolaria from the Eastern Tropical Atlantic, DSDP Leg 41. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project* XLI: 763-789.

KELLER, G.; ADATTE, T.; HOLLIS, C.; ORDONEZ, M.; ZAMBRANO, I.; JIMÉNEZ, N.; STINNESBECK, W.; ALEMAN, A.; HALE-ERLICH, W. 1997. The Cretaceous/Tertiary boundary event in Ecuador: reduced biotic effects due to eastern boundary current setting. *Marine Micropaleontology*. 31: 97-133.

NISHIMURA, A. 1987. Cenozoic Radiolaria in the Western North Atlantic, Site 603, Leg 93 of the DSDP. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project* 92: 713-737.

O'CONNOR, B. M., 2001. Buryella (Radiolaria, Artostrobiidae) from DSDP Site 208 and ODP site 1121. *Micropaleontology*, 47: 1-22.

PARONA, C. F. 1890. Radiolarie nei noduli selsiosi Del calcare giurese di Cittiglio presso Laveno. *Bolletino della Società Geologica Italiana*, 9 (fasc. 1): 132-75, 6 pls.

PESSAGNO, E. & NEWPORT, R. L. 1972. A technique for extracting Radiolaria from radiolarian cherts. *Micropaleontology*, 18 (2): 231-234.

RIEDEL, W. R., & SANFILIPPO, A. 1970. Radiolaria, Leg 4, Deep Sea Drilling Project. *In: Bader, R. G., Gerard, R. D., et al., Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*. DSDP, 4: Washington (U.S. Govt. Printing Office), p. 503-575.

- RIEDEL, W. R., & SANFILIPPO, A. 1971. Cenozoic Radiolaria from the western tropical Pacific, Leg 7. In Winterer, E.L., Riedel, W.R., et al., *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*. DSDP, 7 (Pt. 2): Washington (U.S. Govt. Printing Office), p. 1529-1672.
- RÜST, D. 1885. Beiträge zur Kenntniss der fossilen Radiolarien aus Gesteinen des Jura. *Palaentographica*, 31, ser. 3: 273-321.
- SANFILIPPO, A. & HULL, D. M. 1999. Upper Paleocene-lower Eocene radiolarian biostratigraphy of the San Francisco de Paula section, western Cuba: Regional and global comparisons. *Micropaleontology* 45(2): 57-82.
- SANFILIPPO, A. & RIEDEL, W. R. 1974. Some radiolarian samples from the western Indian Ocean, DSDP, Leg 25. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 25: 657-62.
- SANFILIPPO, A., WESTBERG, M. J. & RIEDEL, W. R. 1981. Cenozoic Radiolarians at Site 462, *Deep Sea Drilling Project* Leg 61, Western Tropical Pacific. Initial Rep. Deep Sea drill Proj., 61: 495-505.
- SHAAF, A. 1981. Late early Cretaceous Radiolaria from Deep Sea Drilling Project Leg 62. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 62: 419-70.
- SQUINABOL, S. 1914. Contributo alla conoscenza dei Radiolari fossili Del Veneto. Appendice – Di un genere di Radiolari caratteristico del Secondario. Memorie dell'Istituto Geologico della R. Università di Padova, 2: 249-306.
- STRONG, C. P.; Hollis, C. J.; Wilson, G. J. 1995: Foraminiferal, radiolarian and dinoflagellate biostratigraphy of Late Cretaceous to Middle Eocene pelagic sediments (Muzzle Group), Mead Stream, Marlborough, New Zealand. *New Zealand Journal of geology and geophysics* 38: 171-212.
- THUROW, J. 1988. Diagenetic history of Cretaceous radiolarians, North Atlantic ocean (ODP LEG 103 and DSDP HOLES 398D and 603B). In: BOILLLOT, G., WINTERER, E.L., et al., 1988. Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, Vol. 103: 531 - 555.
- WEAVER F. M. & DINKELMAN, M. G. 1978. Cenozoic radiolarians from the Blake Plateau and the Blake Bahama Basin, DSDP Leg 44. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 44: 865-86.

## **APÊNDICE**

## Estampa 1\*

### Poço 11

\*Obs.: Todas as espécies figuradas na estampa 1 são de profundidades do poço 11 não estudadas neste trabalho, porém sua identificação foi feita no intervalo estudado do poço 11.

Fig. 1- ***Stylosphaera*** sp.  
Amostra 3711 m

Fig.2 - ***Lythocyclia ocellus*** Ehrenberg, 1857  
Amostra 3252 m

Fig. 3 - ***Lythocyclia ocellus*** Ehrenberg, 1857  
Amostra 3279 m

Fig. 4 - ***Pseudoaulophacus floresensis*** Pessagno, 1963  
Amostra 3288 m

Fig. 5 - ***Pseudoaulophacus*** sp.  
Amostra 3243 m.

Fig. 6 - ***Stylodictia*** sp.  
Amostra 3765 m

Fig 7 - ***Spongurus bilobatus*** Clark & Campbell, 1942  
Amostra 3243 m

Fig. 8 - ***Amphycraspedum murrayanum*** Haeckel, 1887  
Amostra 3774 m

Fig. 9 - ***Amphycraspedum murrayanum*** Haeckel, 1887  
Amostra 3783 m

Fig. 10 - ***Phacodiscus*** sp.  
Amostra 2946 m

Fig. 11-13 - ***Rhopalosyringium*** sp.  
Amostra 3792 m

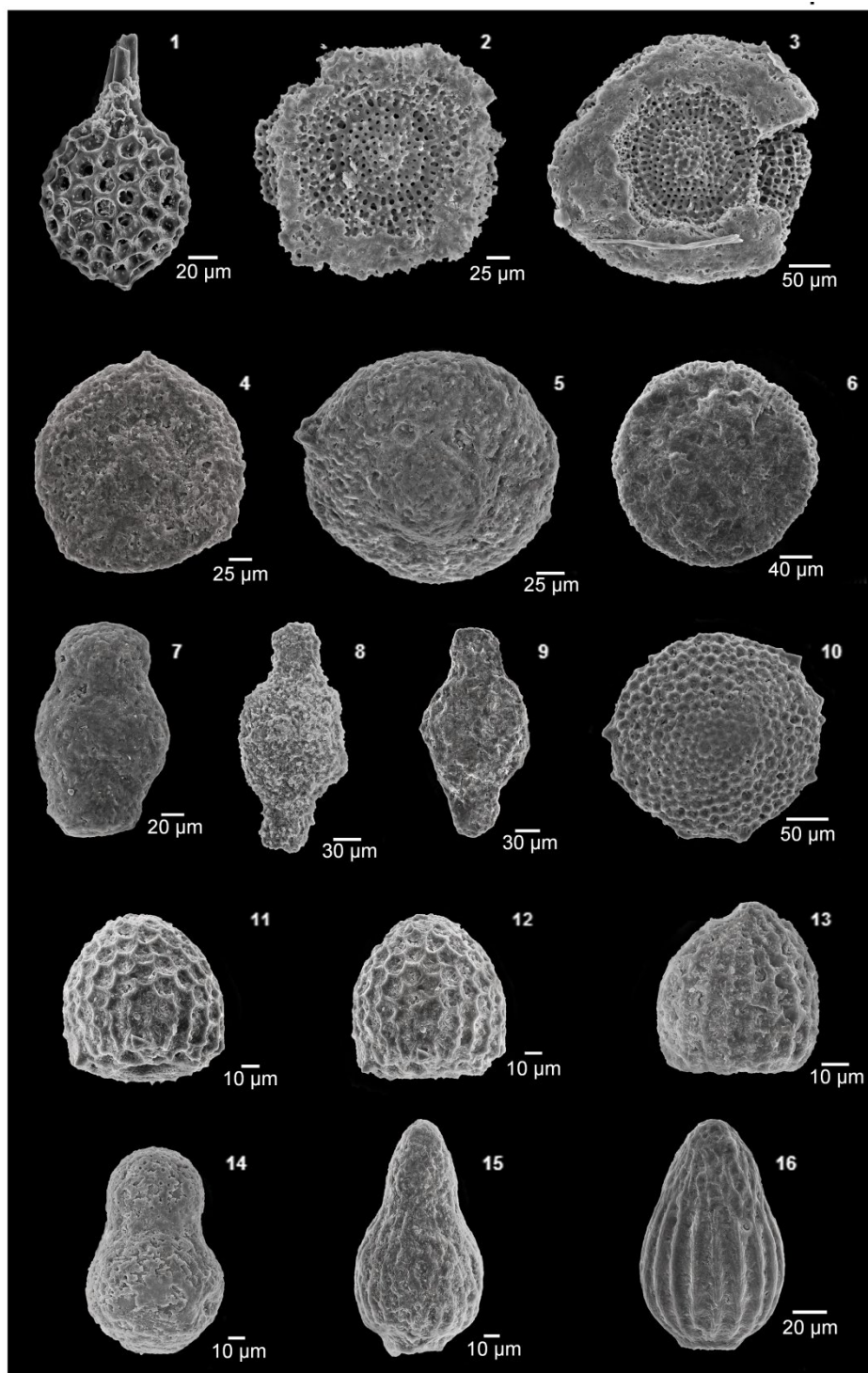
Fig. 14 - ***Theocampe ascalia*** Foreman, 1971  
Amostra 3801 m

Fig. 15 - ***Dictyoprora urceolus*** (Haeckel) Nigrini, 1977  
Amostra 3774 m

Fig. 16 - ***Dictyoprora mongolfieri*** (Ehrenberg) Nigrini, 1977  
Amostra 3252 m

## Estampa 1\*

### Poço 11



## Estampa 2\*

### Poço 11

\*Obs.: Todas as espécies figuradas na estampa 1 são de profundidades do poço 11 não estudadas neste trabalho, porém sua identificação foi feita no intervalo estudado do poço 11.

Fig. 1 - ***Lithomitra docilis*** Foreman, 1983  
Amostra 3243 m

Fig. 2 - ***Podocyrtis*** sp.  
Amostra 3783 m

Fig. 3 – ***Carpocanistrum*** sp.  
Amostra 2946 m

Fig. 4 - ***Archaeodictyomitra lamellicostata*** Foreman, 1968  
Amostra 3711m

Fig. 5, 6 - ***Thanarla*** sp.  
Amostra 3225 m

Fig. 7, 8 - ***Amphipyndax tylotus*** Foreman, 1978  
Amostra 3801 m

Fig. 9 - ***Pseudodictyomitra*** sp.  
Amostra 3783 m

Fig. 10 - ***Buryella clinata*** Foreman, 1973  
Amostra 3801 m

Fig. 11 - ***Bekoma bidartensis*** Riedel & Sanfilippo ,1971  
Amostra 3738 m

Fig. 12 - ***Calocycloma ampula*** (Ehrenberg) Foreman, 1973  
Amostra 3747 m

Fig. 13 - ***Lamptonium pennatum*** Foreman, 1973  
Amostra 3774 m

Fig. 14 - ***Lamptonium fabaeforme chaunothorax*** Riedel & Sanfilippo, 1970  
Amostra 3288 m

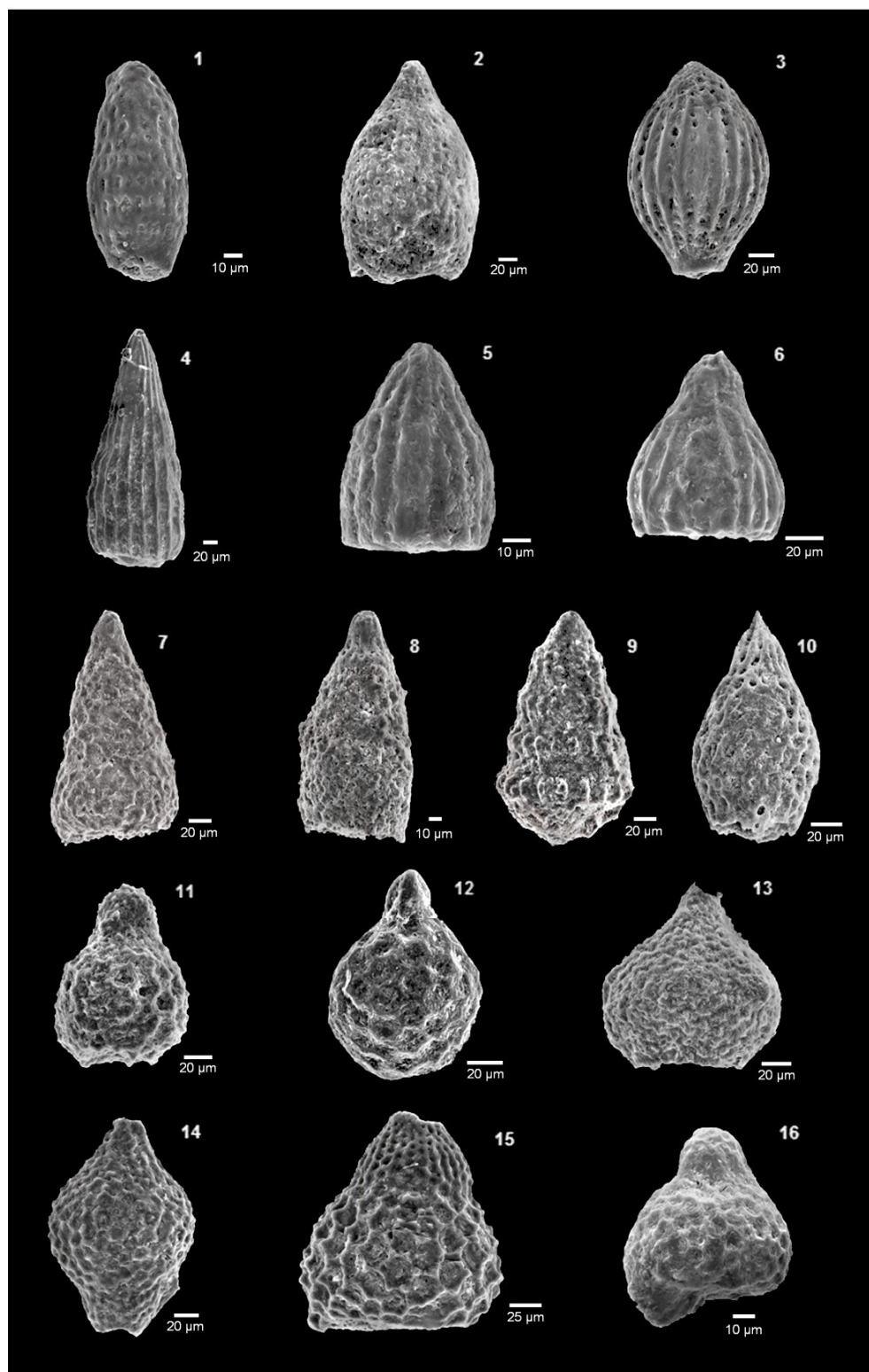
Fig. 15 - ***Thysorcyrtis triacantha*** Ehrenberg ,1873  
Amostra 3252 m

Fig. 16 - ***Bekoma bidartensis*** Riedel & Sanfilippo, 1971  
Amostra 3792 m



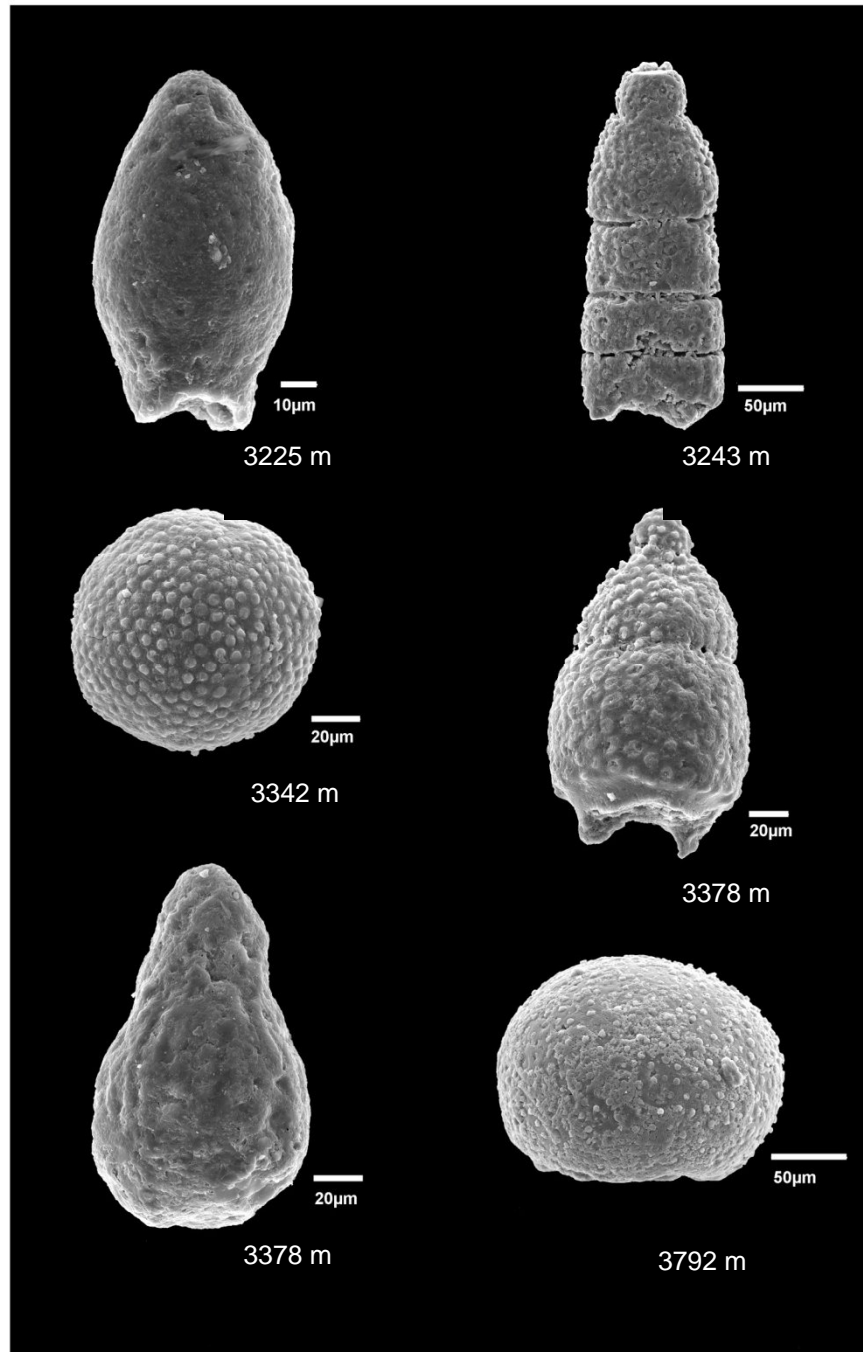
## Estampa 2\*

### Poço 11



## Estampa 3

### Poço 11 - Moldes Internos



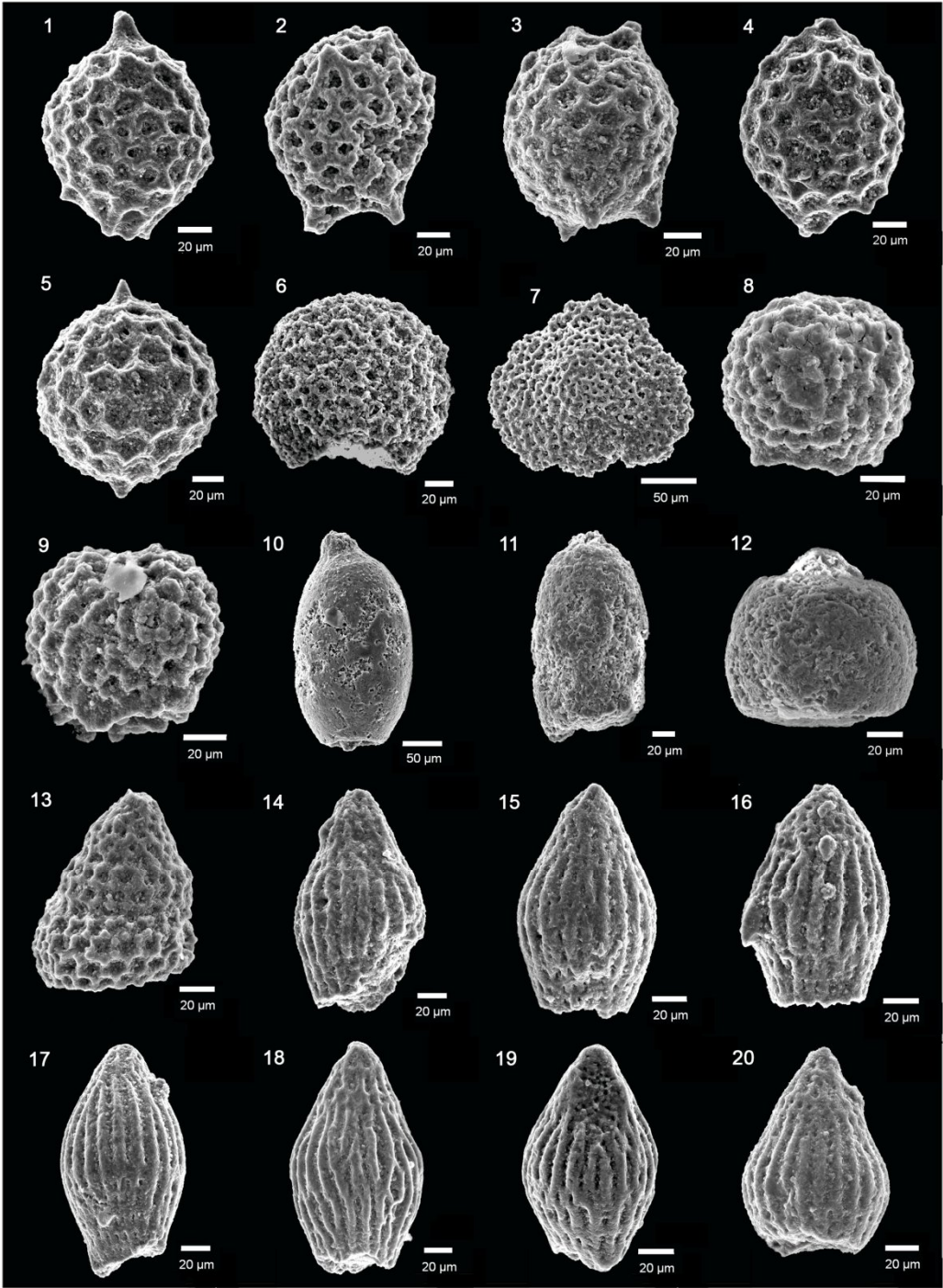
## Estampa 4

### Poço 12

- Fig. 1 - ***Amphisphaera kina*** Hollis, 1993  
Amostra 3291 m
- Fig. 2 - ***Amphisphaera kina*** Hollis, 1993  
Amostra 3624 m
- Fig. 3 - ***Amphisphaera kina*** Hollis, 1993  
Amostra 3660 m
- Fig. 4 - ***Amphisphaera kina*** Hollis, 1993  
Amostra 3786 m
- Fig. 5 - ***Amphisphaera macrosphaera*** (Nishimura) Hollis, 1997  
Amostra 3300 m
- Fig. 6 - ***Orbiculiforma renillaeformis*** Pessagno, 1976  
Amostra 3102 m
- Fig. 7 - ***Spongodiscus*** sp.  
Amostra 3624 m
- Fig. 8 e 9 - ***Dorcadospyris*** sp.  
Amostra 3624 m
- Fig. 10 - ***Millocercion acineton*** Foreman, 1968  
Amostra 3345 m
- Fig. 11 - ***Millocercion acineton*** Foreman, 1968  
Amostra 3363 m
- Fig. 12 - ***Millocercion aff. echtus*** Empson-Morin, 1981  
Amostra 3300 m
- Fig. 13 - ***Buryella helenae*** O'Connor, 2001  
Amostra 3714 m
- Fig. 14 - ***Buryella pentadica*** Foreman, 1973  
Amostra 3354 m
- Fig. 15 - ***Buryella pentadica*** Foreman, 1973  
Amostra 3426 m
- Fig. 16 - ***Buryella pentadica*** Foreman, 1973  
Amostra 3472 m
- Fig. 17 - ***Buryella pentadica*** Foreman, 1973  
Amostra 3660 m
- Fig. 18 - ***Buryella pentadica*** Foreman, 1973  
Amostra 3714 m
- Fig. 19 - ***Buryella pentadica*** Foreman, 1973  
Amostra 3786 m
- Fig. 20 - ***Buryella petrushevskayae*** O'Connor, 2001  
Amostra 3282 m

Estampa 4

Poço 12



## Estampa 5

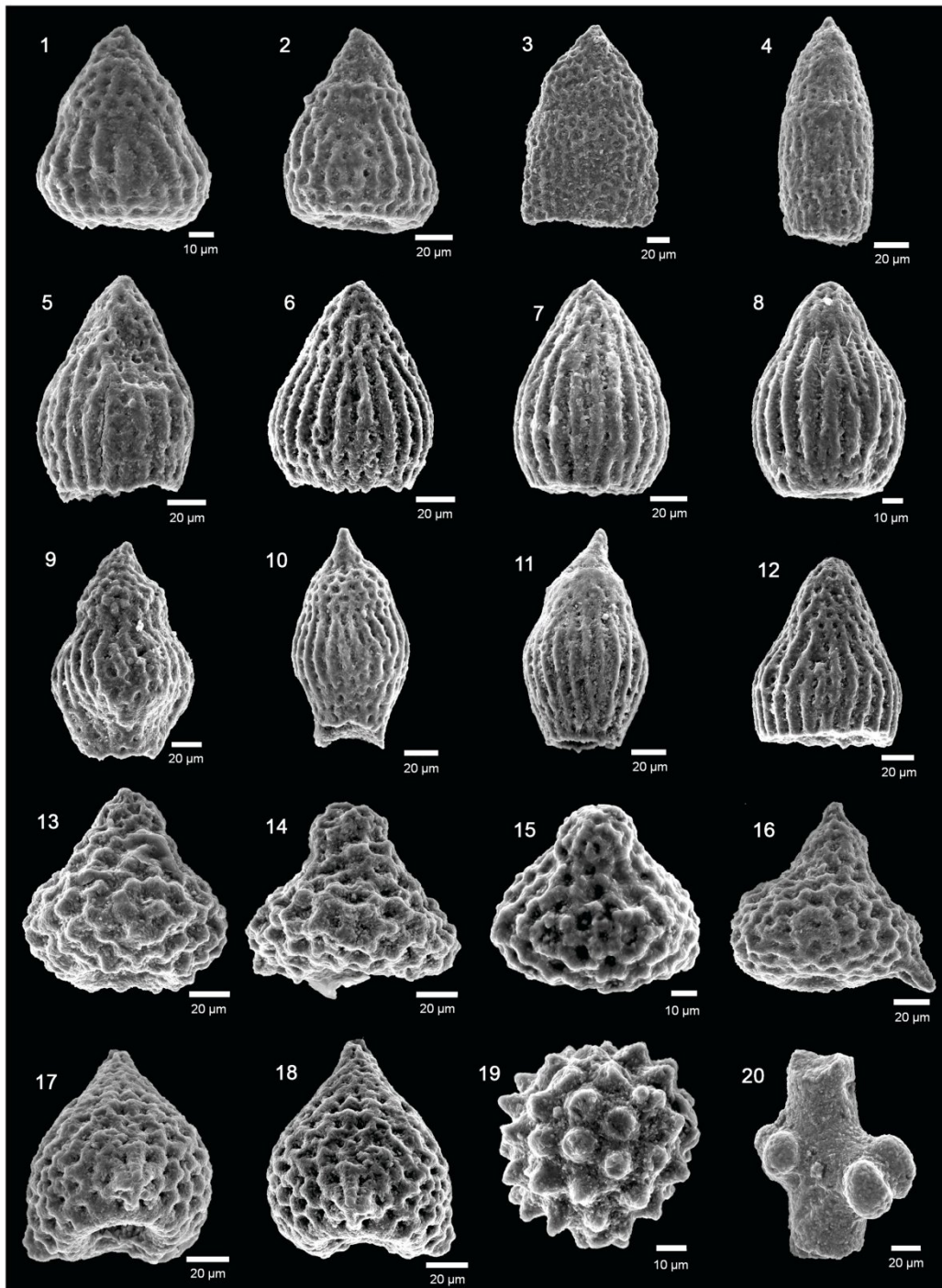
### Poço 12

- Fig. 1 - ***Buryella petrushevskayae*** O'Connor, 2001  
Amostra 3291 m
- Fig. 2 - ***Buryella petrushevskayae*** O'Connor, 2001  
Amostra 3363 m
- Fig. 3 - ***Buryella granulata*** (Petrushevskaya) Hollis, 1997  
Amostra 3282 m
- Fig. 4 - ***Buryella granulata*** (Petrushevskaya) Hollis, 1997  
Amostra 3363
- Fig. 5 - ***Buryella tetradica*** Foreman, 1973  
Amostra 3417 m
- Fig. 6 - ***Buryella tetradica*** Foreman, 1973  
Amostra 3426 m
- Fig. 7 - ***Buryella tetradica*** Foreman, 1973  
Amostra 3660 m
- Fig. 8 - ***Buryella tetradica*** Foreman, 1973  
Amostra 3714 m
- Fig. 9 - ***Buryella tridica*** O'Connor, 2001  
Amostra 3300 m
- Fig. 10 - ***Buryella tridica*** O'Connor, 2001  
Amostra 3660 m
- Fig. 11 - ***Buryella tridica*** O'Connor, 2001  
Amostra 3732 m
- Fig. 12 - ***Buryella*** sp.  
Amostra 3660 m
- Fig. 13 - ***Calocycloma ampulla*** (Ehrenberg) Foreman, 1973  
Amostra 3417 m
- Fig. 14 - ***Calocycloma ampulla*** (Ehrenberg) Foreman, 1973  
Amostra 3426 m
- Fig. 15 - ***Calocycloma ampulla*** (Ehrenberg) Foreman, 1973  
Amostra 3786 m
- Fig. 16 - ***Orbula comitata*** Foreman, 1973  
Amostra 3417 m
- Fig. 17 e 18 - ***Sethochytris cavipodes*** O'Connor, 1999  
Amostra 3579 m
- Fig. 19 - **Espícula de esponja**  
Amostra 3408 m
- Fig. 20 - **Espícula de esponja**  
Amostra 3660 m



## Estampa 5

### Poço 12



## Estampa 6

### Poço 12 - Moldes Internos

